SYSTÊME

DES

CONNAISSANCES CHIMIQUES.

SYSTÈME

DES

CONNAISSANCES CHIMIQUES,

ET DE LEURS APPLICATIONS

AUX PHÉNOMÈNES

DE LA NATURE ET DE L'ART;

PAR A. F. FOURCROY,

De l'Institut national de France; Conseiller d'État; Professeur de chimie au Muséum d'histoire naturelle, à l'École polytechnique et à l'École de médecine; des Sociétés philomathique et philotechnique, d'Agriculture, d'Histoire naturelle; de la Société médicale d'émulation, de celle des Amis des arts, de celle des Pharmaciens de Paris; du Lycée républicain, du Lycée des arts; membre de plusieurs Académies et Sociétés savantes étrangères.

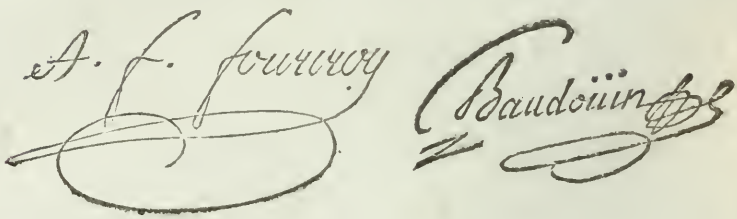
TOME VI.

PARIS,

BAUDOUIN, Imprimeur de l'Institut national des Sciences et des Arts, rue de Grenelle-Saint-Germain, n°. 1131.

BRUMAIRE AN IX.

Cet ouvrage est mis sous la sauve-garde de la loi.
Tous les exemplaires sont signés par l'Auteur et l'Imprimeur.



SYSTÊME

DES

CONNAISSANCES CHIMIQUES.

SUITE

DE LA

SIXIÈME SECTION.

DES MÉTAUX.

SUITE
DE
LA SIXIÈME SECTION.

ARTICLE XVI.

De l'étain.

A. *Histoire.*

1. L'ÉTAIN est un des premiers métaux connus, et un de ceux dont l'homme a fait, à ce qu'il paraît, le plutôt la découverte : au moins celle-ci semble-t-elle se perdre dans la nuit de l'antiquité, et remonter presque jusqu'aux temps fabuleux. Les Egyptiens en faisaient déja un grand usage dans leurs arts ; les Grecs l'alliaient avec les autres métaux. Pline, sans en faire une véritable histoire ni comparer exactement ses propriétés à celles des autres métaux, en parle comme d'un métal très-connu, très-employé dans les arts, et même servant à un grand nombre d'ornemens de luxe : il le nomme souvent *plomb blanc*, et indique ses fréquens et frauduleux alliages avec le plomb noir, ou le plomb proprement dit. Il attribue aux Gaulois l'invention de l'étamage. En considérant le traitement et la fusion facile de l'étain, on ne serait point étonné que son usage ait été si fréquent chez les peuples les plus anciens, s'il existait natif, ou si ses mines étoient aisées à exploiter. Mais en réfléchissant à la difficulté de cette exploitation et au peu de rapport de ces mines avec l'étain, on ne conçoit pas facilement comment la découverte et l'emploi de l'étain remontent à des temps si reculés.

2. Les alchimistes se sont beaucoup occupés de l'étain ; ils l'ont nommé *Jupiter*, et ils ont désigné ses diverses préparations sous le nom de *Joviales*. En le comparant à cette planète, ils expliquaient ainsi, suivant Boerhaave, le signe hiéroglyphique par lequel ils le représentaient. La moitié gauche de ce signe offrait le caractère de la lune et du croissant, auquel était liée, à droite, la croix, signe de l'âcreté, de la qualité rougeante, employé si souvent pour désigner cette propriété dans les acides. Ils exprimaient par là un rapport remarquable de l'étain avec l'argent ; rapport qui, suivant eux, était bien connu de tous les essayeurs par sa fixité dans la coupelle, et de plus l'union d'un prétendu soufre crud, dont il s'agissait de le débarrasser par sa transmutation en argent. Cette chimère a long-temps tourmenté l'esprit des alchimistes, et ils y ont puisé tous les travaux qu'ils ont faits sur ce métal.

3. L'étain a été examiné par un grand nombre de chimistes habiles : ceux qui s'occupaient des opérations de l'art sous le rapport pharmaceutique ont essayé de le préparer de beaucoup de manières diverses, moins cependant que le fer, l'antimoine et le mercure, pour en approprier l'usage à diverses maladies. La Poterie ou Poterius s'est distingué dans cette classe, et il a donné son nom à une préparation médicale d'étain, *l'antihectique*. C'est cependant un des métaux dans lesquels les chimistes pharmacologistes ont eu le moins de confiance ; la plupart y ont redouté un âcre arsenical dont ils y admettaient la présence. Margraff a autorisé cette crainte et augmenté ce soupçon en donnant une analyse de ce métal, où il avait dit avoir trouvé en effet une proportion effrayante d'arsenic. Schultz avait cependant annoncé que l'étain pur ne contenait rien de dangereux, et le beau travail de Bayen sur cet objet a dissipé tous les nuages et détruit toutes les craintes que les résultats étrangement erronés de Margraff avait répandus sur son usage économique.

4. Les auteurs systématiques de chimie, et sur-tout les des-

cripteurs de procédés, depuis Lemery jusqu'à Rouelle, ont beaucoup étendu les connaissances sur ce métal. Ils l'ont successivement traité par les principaux acides, les sels, les alcalis ; ils en ont étudié les alliages, les diverses combinaisons : c'est sur-tout à Macquer et au citoyen Baumé qu'on doit le plus grand nombre d'expériences sur cet objet. De leur côté, les minéralogistes et les métallurgistes ont étudié avec soin, et ses divers états dans la nature, et les procédés d'essais et d'exploitation de ses mines.

5. Je ne connais point d'auteurs monographes qui aient entrepris encore de faire une histoire chimique complète de l'étain. Les grands articles de Baumé, de Macquer, de Wasserberg et de Gren présentent bien l'ensemble des principales connaissances acquises à l'époque de la publication de leurs ouvrages sur l'étain ; mais il n'a point encore eu d'historien spécial, comme l'antimoine, le mercure, le fer, l'argent, l'or et le platine ; et cependant ses propriétés remarquables et ses usages importans auraient dû en quelque sorte lui mériter cet honneur. A la vérité, on a beaucoup de mémoires particuliers sur quelques-unes de ses combinaisons. Libavius a le premier découvert le singulier produit de la décomposition du muriate suroxigéné de mercure par l'étain, et donné son nom à ce produit. Bergman à traité d'une mine d'étain sulfureuse ou d'une espèce d'*or mussif*, natif de Sibérie. Bullion et Pelletier ont donné des dissertations très-bien faites sur la préparation de cet oxide d'étain sulfuré. Rouelle le cadet a publié des expériences utiles sur la décomposition du muriate suroxigéné de mercure par l'étain. Bayen et Charlard ont enrichi la chimie d'une suite de recherches précieuses sur l'analyse des alliages de ce métal, et sur l'art d'en connaître la pureté ou les matières métalliques qui l'altèrent.

6. Depuis la révolution de la chimie, sans devenir l'objet d'un travail suivi dans tous les détails de ses propriétés, suivant le mode ingénieux que cette révolution a fourni à l'art

expérimental, l'étain a été le sujet de plusieurs découvertes capitales, dont les unes ont concouru à établir la doctrine pneumatique, les autres ont servi à en solidifier les bases et à en confirmer les résultats. Comme c'était sur l'étain que Jean Rey avait appelé en 1630 l'attention des physiciens par son opinion sur la fixation de l'air dans ce métal pendant sa *calcination*, comme Boyle, à la fin du même siècle, avait tenté d'apprécier la cause de l'augmentation de poids de sa *chaux*, Lavoisier recommença et rectifia en 1774 l'expérience de Boyle, en faisant *calciner* de l'étain dans un grand vaisseau de verre fermé, et contenant une quantité connue d'air. Ce fut par là qu'il ouvrit en quelque sorte la scène de ses étonnantes recherches chimiques sur l'air, et qu'il prouva que cette prétendue calcination des métaux n'était qu'une combustion dans laquelle une partie de l'air atmosphérique se fixait et se combinait avec eux. Depuis ces intéressantes expériences, le citoyen Adet et Pelletier ont examiné par des moyens ingénieux le muriate d'étain dans ses deux états, et ont fait voir par là combien les propriétés de ce métal pouvaient être éclaircies par la doctrine pneumatique, et combien elles pouvaient en même temps éclairer elles-mêmes les points principaux de cette doctrine : aussi, quoique les recherches chimiques sur l'étain soient loin d'être épuisées, on verra cependant que l'histoire de ce métal, présentée d'après les données exactes de la chimie pneumatique, offre des résultats précis et exacts, et un ensemble beaucoup plus parfait qu'ils ne l'étaient dans les ouvrages systématiques écrits avant ou même depuis cette heureuse époque.

B. *Propriétés physiques.*

7. L'étain pur est d'une couleur blanche, aussi belle et aussi éclatante que celle de l'argent; et si cette couleur n'était pas altérable, il serait aussi précieux que ce dernier métal par cette propriété. On le regardait autrefois comme le plus léger des

métaux, lorsqu'on faisait une classe particulière et distincte des demi-métaux. Sa pesanteur spécifique est de 7.291 à 7.500, suivant les expériences comparées des physiciens depuis Muschenbroëck jusqu'à Brisson, et en prenant différens étains. Il tient le douzième rang par cette propriété.

8. C'est un des plus mous des métaux : on le raie avec l'ongle, et il n'est presqu'aucun métal qui ne puisse entamer sa surface par la pression ou le frottement. Il se laisse très-aisément couper au couteau, ou le ploie facilement, et il fait entendre un bruit particulier que l'on nomme le *cri de l'étain*. On lui a comparé le zinc par cette propriété ; mais elle est bien éloignée ou bien plus faible dans ce dernier métal que dans l'étain. Ce phénomène paraît tenir à l'écartement des parties, et à la rupture subite qu'elles éprouvent par le pli, quoique l'étain ne se brise que difficilement. Sa qualité sonore est faible ; sa ductilité est assez grande pour qu'on le réduise par le marteau et par les cylindres du laminoir, en lames ou en feuilles très-minces, qui sont d'un grand usage dans les arts. Il tient le cinquième rang parmi les métaux, par cette propriété : il a peu d'élasticité et de tenacité ; un fil de ce métal, d'un dixième de pouce de diamètre, soutient, sans se rompre, un poids de 49 $\frac{1}{2}$ livres.

9. L'étain est un des plus dilatables des métaux par le calorique dans les expériences pyrométriques de Muschenbroëck. Un petit cylindre de ce métal, de six pouces de longueur, exposé à la chaleur de l'eau bouillante, a donné une dilatation égale à 164. Ce physicien met l'étain au premier rang des métaux dilatables, et il place le fer au dernier rang : cela semblerait indiquer que la dilatabilité des métaux suit la raison de la fusibilité. La propriété conductrice du calorique y est aussi très-prononcée. Après le mercure, l'étain est la substance métallique la plus fusible ; il vient immédiatement avant le bismuth et le plomb par sa fusibilité. Le citoyen Guyton l'exprime par le degré 168 de la graduation de Reaumur. Quand

il est fondu, il ne se réduit en vapeur qu'à une très-haute température ; il a même été regardé comme un des métaux les plus fixes, et c'est pour cela que les alchimistes le croyaient très-rapproché de l'argent. Si on le laisse refroidir lentement, et si lorsque sa surface est figée, on la perce et l'on en décante avec précaution la partie encore liquide, le fond présente des cristaux en rhombes assez gros, formés par l'assemblage d'un grand nombre de petites aiguilles réunies longitudinalement. C'est un de mes élèves, le citoyen Hapel-Lachenaye, occupé en ce moment à la Guadeloupe, où il est établi depuis plusieurs années, à des recherches précieuses pour les productions coloniales, qui le premier a fait cristalliser ainsi de l'étain dans mon laboratoire en 1782.

10. L'étain est très-bon conducteur de l'électricité ; aussi l'emploie-t-on souvent pour garnir les conducteurs, les bouteilles de Leyde : il en est de même de l'électricité animale ou galvanique, qu'il excite fortement par son contact avec les nerfs et sa communication avec un autre métal. Il a une odeur très-remarquable, dont il imprègne les mains et les corps qu'on en frotte. Il jouit aussi d'une saveur très-sensible, et il n'est pas douteux qu'il ne puisse avoir des propriétés médicamenteuses très-prononcées, comme je le ferai voir par l'expérience, à la fin de cet article.

C. *Histoire naturelle.*

11. L'étain n'est pas très-abondant au sein de la terre, au moins en Europe. On connaît très-peu les mines d'étain de l'Asie et de l'Afrique. Il y en a quelques-unes en Sibérie : elles sont et plus fréquentes et plus riches en Cornouailles, en Bohême et en Saxe. Les plus habiles minéralogistes n'ont distingué encore que trois espèces de mines d'étain : ce sont l'étain natif, les oxides de ce métal et son oxide sulfuré.

12. L'étain natif a été un objet de doute et de discussion en

minéralogie. On a dit d'abord en avoir trouvé en Saxe, en Bohême et à Malaca : quelques naturalistes en avaient nié l'existence ; mais M. Woulf, chimiste anglais, a terminé cette dispute scientifique en trouvant en 1766 de l'étain natif à Cornouailles. Cet étain est gris et brillant dans sa fracture ; il s'aplatit et donne des lames brillantes et ductiles par le marteau. On le trouve ou en lames minces engagées dans une gangue de quartz, ou cristallisé régulièrement. M. Quest a confirmé par ses expériences la nature de ce minéral. On a cru en avoir trouvé en France, il y a quelques années, près de la commune d'Espieux, dans le département de la Manche. Le citoyen Schreiber, inspecteur des mines, envoyé sur les lieux par le conseil des mines, ayant examiné avec soin les échantillons et les lieux d'où ils provenaient, a décidé qu'ils n'y étaient qu'accidentels. Ces morceaux étaient gercés et recouverts d'oxide gris : on y voyait de l'étain métallique, ductile, adhérent à une substance blanche, lamelleuse, cristallisée, qui a été reconnue pour du muriate d'étain : ils n'étaient que déposés dans un lieu particulier, sans aucune autre trace de mines d'étain, cantonnés et isolés de manière à faire penser qu'ils n'avaient ni l'apparence ni les propriétés d'une production de la nature ; et tout annonce qu'ils provenaient d'un ancien travail en étain qui avait été enfoui dans la terre.

13. L'oxide d'étain natif est la mine la plus fréquente de ce métal et en même temps la plus variée. Quelques nombreuses que puissent être ces variétés, il faut les ranger toutes dans une seule et même espèce. On l'appelle en général cristal ou cristaux d'étain. La forme primitive de ces cristaux, suivant le citoyen Haüy, est celle d'un cube faisant la fonction de parallélipipède, dont les décroissemens sont différens sur deux faces opposées, de ce qu'ils sont sur les quatre autres faces ; celles-ci représentent alors les pans d'un prisme. Ces cristaux offrent souvent un angle rentrant, formé de quatre pans triangulaires, provenant de la jonction de deux portions

d'un même cristal, dont l'une est appliquée contre l'autre, dans une situation renversée. C'est ce que le citoyen Haüy nomme étain oxidé *hémitrope*, ou à demi-retourné. Il y a une autre variété de forme, qu'il appelle *oxide d'étain distique*, ou à deux rangs de facettes, ayant trente-six faces dont quatre sont verticales. Les couleurs grise, jaune claire, blanche, un peu jaunâtre, rouge, brune et noire, forment autant de variétés d'oxides d'étain natif que les minéralogistes ont distinguées et décrites quelquefois comme des espèces. On a souvent et pendant long-temps confondu le tunstate de chaux natif sous forme octaèdre avec l'oxide d'étain blanc; mais outre la forme octaédrique, qui n'est point celle de ce dernier, le tunstate prend, comme on l'a dit ailleurs, une couleur jaune citrine, par l'action des acides nitrique et muriatique : ce que ne fait point l'oxide d'étain. La pesanteur spécifique de ces oxides d'étain va de 5.955 à 6.750. M. Kirvan distingue quatre variétés de cette espèce; savoir,

a. L'oxide blanc, nommé *mine d'étain blanche*, ou *spath d'étain;* demi-transparente, cristallisée, blanchâtre, tirant sur le gris, le verdâtre ou le jaunâtre, ne contenant pas d'arsenic comme on l'avait cru, trouvé déjà la plus pure des mines d'étain par Margraff. Sa pesanteur est de 6.007.

b. L'oxide opaque brun ou noir, la plus commune de ces mines, souvent cristallisé, contenu dans du quartz, du mica, du fluate de chaux, jamais dans du carbonate calcaire, nommé en gros cristaux *zingraupen* par les Allemands, et en petits cristaux *zinzwitter;* contenant près de 0.80 d'étain, toujours uni à du fer, pesant 6.750. M. Klaproth a donné l'analyse de cette variété, venant d'Alterna en Cornouailles; il y a trouvé les proportions suivantes :

Etain.	77.50.
Oxigène.	21.50.
Silice.	0.75.
Fer.	0.25.

c. L'oxide d'étain rougeâtre ou d'un jaune rougeâtre, nommé *mine d'étain en grenat* par les naturalistes; il est en petits cristaux quelquefois demi-transparens, ou en forme sphérique striée comme l'hématite ou la zéolite; il pèse 5.000 à 5.800. Il contient plus d'oxide de fer que de celui d'étain.

d. L'oxide d'étain sableux, *pierre d'étain*, *zingstein* des Allemands, et *tinberg* des Suédois. C'est de l'oxide d'étain de toutes les couleurs précédentes, disséminé dans une terre quartzeuse ou sablonneuse plus ou moins tendre.

14. L'oxide d'étain sulfuré, ou *l'étain minéralisé par le soufre* des minéralogistes, a été découvert, et décrit pour la première fois par Bergman, parmi des minéraux de Sibérie. Il en a trouvé de deux variétés : l'une, de la couleur du zinc, d'un tissu fibreux, contenant 0.20 de soufre et 0.80 d'étain; l'autre, enveloppant la première comme une incrustation jaune, fort semblable à ce que les chimistes avaient nommé *or mussif*, contenant 0.40 de soufre, un peu de cuivre et le reste en étain. Depuis cette découverte, M. Klaproth a examiné de l'étain sulfuré venant de la paroisse de Sainte-Agnès, dans le Cornouailles, en Angleterre. Sa pesanteur spécifique est de 4.350; sa couleur nuancée de gris pâle et de gris foncé, est analogue à celle de l'argent dans ses parties les plus pures. Sa cassure est grenue et métallique. Il y a trouvé les proportions suivantes :

Soufre.	0.25.
Etain.	0.34.
Cuivre.	0.36.
Fer.	0.02.

Le cuivre paraît ici plus abondant que l'étain; mais sa quantité, qui varie, est souvent au-dessous de celle de l'étain.

D. *Essais et métallurgie.*

15. On faisait autrefois l'essai des mines d'étain par le seul

grillage et la réduction à l'aide de flux réductifs. Le grillage, que plusieurs docimastiques croyaient nécessaire à la volatilisation de l'arsenic, ne l'est que pour atténuer et diviser ses mines ordinairement dures et très-denses. On le faisait dans une capsule couverte, afin d'éviter qu'il ne se dissipât de l'étain. Quelques-uns conseillaient d'y mêler un peu de poix-résine à la fin pour empêcher l'étain de se trop oxider. On fondait la mine grillée très-promptement avec trois fois son poids de flux noir et un peu de muriate de soude décrépité. Les poids comparés de la mine avant le grillage et après, ainsi que du culot métallique que l'on obtient et de la scorie qui le recouvre, donnaient la quantité de métal qu'on pouvait en attendre.

16. Cramer, un des plus célèbres auteurs de docimasie, avait donné un autre procédé plus expéditif et sujet à moins de déchet pour l'essai des mines d'étain. Il choisissait deux gros charbons de tilleul ou de coudrier, bien égaux et sans trous ni fentes. Il pratiquait dans l'un une cavité, destinée à servir de creuset, et dans laquelle il mettait simplement la mine d'étain pulvérisée, mêlée d'un peu de poix-résine. Il perçait l'autre d'un petit trou destiné à donner issue aux vapeurs huileuses; il l'appliquait sur le premier, auquel il servait de couvercle, et il les liait ensemble avec du fil de fer après avoir luté les jointures. On plaçait cet appareil en le soutenant par d'autres charbons qui l'entouraient vis-à-vis la tuyère du soufflet d'une forge, et on allumait promptement; après quelques minutes d'un bon coup de feu, on éteignait les charbons d'essai en les plongeant dans l'eau, et on trouvait l'étain en culot dans le creuset.

17. On a proposé encore un autre moyen de faire le même essai. Après avoir pilé et lavé la mine, ainsi séparée des portions quartzeuses, souvent plus abondantes et beaucoup plus légères que les parties d'oxide d'étain, on conseille de fondre rapidement celles-ci dans un creuset brasqué et bien recouvert

après les avoir mêlées avec le double de leur poids d'un flux composé de parties égales de poix-résine et de borax calciné. Bergman a conseillé, dans ses leçons de Scheffer, de mêler une partie de mine lavée avec deux parties de tartre, une de flux noir et une demi-partie de poix-résine, de séparer ce mélange en trois parties égales, de les projeter l'une après l'autre dans un creuset chauffé à blanc, qu'on doit couvrir après que chacune a cessé de brûler. L'opération, faite de cette manière, ne dure, suivant lui, que 7 et même 5 à 6 minutes. M. Klaproth ayant remarqué que les alcalis font perdre ou dissolvent une partie de l'oxide, a réussi par un procédé plus simple. Il consiste à placer la mine en poudre dans un creuset de charbon renfermé dans un creuset d'argile brasqué qu'il expose au feu de forge pendant une demi-heure.

18. Quant à la docimasie humide des mines d'étain, voici ce qui est indiqué par Bergman. L'étain natif est très-facile à examiner; l'acide nitrique, en l'oxidant promptement, le réduit en poudre blanche; et s'il contient du fer et du cuivre, ces deux métaux restent en dissolution: 100 parties d'étain donnent 140 parties d'oxide blanc lavé et séché par cet acide. La mine en oxide natif, mêlé de quartz, est très-dure, n'est attaquée par aucun acide particulier, à cause du grand état d'oxidation de l'étain et de son mélange avec la silice. Bergman est cependant parvenu à l'analyser par le procédé suivant: il a versé sur la mine porphyrisée de l'acide sulfurique concentré, et il a fait digérer à grand feu pendant plusieurs heures; ayant ajouté ensuite, après l'avoir laissé refroidir, un peu d'acide muriatique en agitant le mélange, il se produisit alors une forte chaleur et une vive effervescence dues à une portion d'acide muriatique privée de son eau et réduite en gaz par l'acide sulfurique; les forces de ces deux acides réunies ont opéré la dissolution dont l'un et l'autre séparé n'avait point été capable; une heure après cette addition d'acide muriatique, Bergman a versé de l'eau sur le mélange, il l'a laissé déposer et a décanté la liqueur surna-

geante qui tenait de l'oxide d'étain en dissolution. La même opération, répétée jusqu'à ce que les acides ne puissent plus rien enlever à la mine, lui a donné d'une part tout l'oxide dissous, et de l'autre toute la partie quartzeuse insoluble. Il a précipité l'oxide par le carbonate de soude, et trouvé que 131 parties de ce précipité répondaient à 100 parties d'étain métallique. Si cet oxide contenait de ceux de fer et de cuivre, en le chauffant quelque temps à l'air et en le traitant successivement par l'acide nitrique et l'acide muriatique, le premier dissoudrait le fer, et le second le cuivre sans toucher à l'oxide d'étain. Ce dernier procédé a été proposé par M. Kirwan ; et il doit remplir en effet le but qu'il se propose d'atteindre pour une connaissance plus exacte des mines d'étain.

19. M. Klaproth, dans son Analyse des mines d'étain, ayant observé qu'il ne pouvait pas dissoudre par le procédé de Bergman tout l'oxide de ce métal, et ayant pensé que cela pouvait être dû à sa grande oxidation, eut recours à la substance devenue entre ses mains, depuis plusieurs années, un si bon et si puissant moyen d'analyse. Il a fondu une partie de mine d'étain avec six parties de potasse caustique dans un creuset d'argent, en tenant le mélange rouge pendant une demi-heure. Il a délayé la matière dans l'eau, qui en a opéré la dissolution sans prendre de couleur ; il y a versé de l'acide muriatique, qui y a formé un précipité blanc qu'il a redissous par un excès de cet acide ; il a ensuite précipité de nouveau cet oxide d'étain par le carbonate de soude. Après l'avoir fait redissoudre une seconde fois par l'acide muriatique, il l'a séparé en étain par des lames de zinc. Ce procédé réussit en effet beaucoup mieux que celui de Bergman, parce qu'il est fondé sur la grande dissolubilité de l'oxide d'étain dans les alcalis fixes.

20. Le travail en grand, des mines d'étain, ressemble assez aux essais par la voie sèche qui viennent d'être décrits. On assure que dans l'exploitation de ces mines, on est souvent

obligé d'allumer des feux souterrains pour attendrir la gangue, et que ces feux développent des vapeurs très-dangereuses. On parle dans tous les livres de l'arsenic qui s'en dégage quand on les grille, et il est difficile d'accorder ces assertions avec les analyses exactes qui ne montrent point d'arsenic dans les oxides natifs, à moins qu'on ne les applique aux mélanges des minéraux divers qui accompagnent ces oxides natifs, et qui contiennent, à ce qu'il paraît, beaucoup de substance arsenicale. Quelquefois les mines d'étain se trouvent peu profondément sous du sable, comme on le voit à Eibenstock. Cette mine est assez précieuse pour être lavée sur des tables garnies de drap destiné à retenir les parties métalliques. On la grille dans des fourneaux de réverbère, et l'on recueille, disent plusieurs auteurs de métallurgie, l'arsenic en oxide qui s'en volatilise, dans des cheminées horizontales ; il est évident que cette opération n'est relative qu'aux mélanges arsenicaux dont j'ai parlé. On fond ensuite la mine ainsi grillée dans des fourneaux à manche, et on coule l'étain qui en provient dans des lingottières où il prend la forme de saumons sous laquelle il est livré au commerce.

Les grands travaux sur les mines d'étain sont pratiqués en Angleterre, en Allemagne et dans les Indes. Le plus pur de tous les étains du commerce est celui qui vient de Banca et de Malaca. Celui-ci, par lequel on désigne dans tous les livres l'étain le meilleur, sous les dénominations corrompues d'étain de *Mélac* ou de *Malac*, est en effet le plus pur de tous : il n'est altéré par aucune substance métallique étrangère ; il est sous la forme d'une pyramide quadrangulaire, courte et tronquée, portant à sa base un rebord mince et saillant souvent replié, du poids d'environ une livre. Celui de Banca, qui est également très-pur, est en lingots de quarante-cinq à cinquante livres. Tous deux sont gris à leur extérieur, et recouverts d'une espèce de rouille provenant sans doute de l'air humide et salé de la mer, et des vapeurs dont ils ont été envi-

ronnés dans les vaisseaux qui les ont apportés. L'étain d'Angleterre, plus employé que celui de l'Inde, est en gros saumons d'environ trois cents livres. Il est allié de cuivre, soit naturellement, soit artificiellemet; car les lois anglaises ordonnent de n'en pas laisser sortir du pays sans cet alliage. Aussi une espèce d'étain en larmes ou en stalactites, venant d'Angleterre, s'est-il trouvé contenir du cuivre, d'après les expériences de Bayen et de Charlard. Celui d'Allemagne ou de Saxe est également impur; mais il n'est pas vrai qu'il soit chargé d'arsenic, comme Margraff l'avait dit. On verra bientôt que la quantité qu'il en admettait ne pourrait pas, à beaucoup près, y exister sans en changer toutes les propriétés, et sans le rendre incapable de servir aux usages auxquels il est destiné. Pour la facilité du débit, les potiers d'étain le coulent en petits lingots ou en baguettes de cinq décimètres de longueur environ, et de quatre à six centimètres d'épaisseur.

E. *Oxidabilité par l'air.*

21. L'étain ne s'oxide que très-difficilement à l'air froid, quoiqu'il y perde très-promptement son éclat et sa belle couleur blanche. Quand on le coupe, il est brillant et aussi beau que l'argent; mais en quelques heures cette belle couleur s'altère, devient terne, et en quelques jours elle est en quelque sorte blafarde. Une longue exposition à l'air va toujours augmentant cette altération, quoiqu'elle n'ait lieu qu'à la surface; en sorte qu'à la fin l'étain devient d'un gris sâle, sans aucun brillant, et se recouvre d'une très-légère couche d'oxide gris. Aussi est-on obligé de nettoyer, de frotter souvent les vases d'étain, de renouveler souvent leur surface pour les entretenir brillans. Jamais cette faible oxidation ne pénètre assez profondément pour qu'on puisse dire, comme on le dit d'autres métaux, qu'il se ronge à l'air.

22. Quand on fond de l'étain avec le contact de l'air, à

peine ce métal est-il liquide qu'il se recouvre d'une pellicule terne et grise, qui se ride et se détache de la portion d'étain fondue qu'elle surnage. En détachant cette pellicule, il s'en forme une autre, et l'on peut convertir ainsi tout l'étain fondu en pellicules. Dans cette oxidation, l'étain devient cassant, d'apparence terreuse; et cet oxide formé à sa surface ne peut plus ni adhérer ni se combiner avec la portion métallique. Dans l'art de fondre et de purifier les vases d'étain, on nommait *crasse* cette matière oxidée qui se forme à la surface du métal en fusion; et il est bien évident qu'il dépendait du fondeur de convertir tout l'étain en crasse : aussi ne perdait-il pas cette prétendue impureté, et il savait bien la faire reparaître sous forme métallique, en la chauffant avec du suif ou de la résine. Cette croûte est donc un véritable oxide d'étain gris : le métal y contient huit ou dix pour cent d'oxigène; il est très-facile à réduire. En continuant à le chauffer avec le contact de l'air, et sur-tout en l'agitant, il se divise, s'atténue, se change en une poussière qui blanchit peu à peu, augmente de poids, s'oxide davantage, et devient ce qu'on appelle dans les arts *potée d'étain*. Ce dernier oxide contient, suivant les expériences comparées de J. Rey, de Van-Helmont, de Boyle, de Wallerius, entre dix-sept et vingt parties d'oxigène pour cent de métal. Lavoisier, en faisant cette expérience dans une cornue de verre fermée hermétiquement, a obtenu un oxide noirâtre en flocons légers, et a prouvé que son augmentation de poids était exactement proportionnelle à la perte qu'avait faite l'air contenu dans l'appareil.

23. L'oxidation que je viens de décrire n'est que la première et la plus faible combustion de l'étain; il est susceptible d'en éprouver une beaucoup plus forte, quand on élève beaucoup sa température, quand on la pousse, après sa fusion, jusqu'à le faire rougir et le réduire en vapeur : alors il présente une véritable inflammation. Si on le chauffe ainsi en petit sur un charbon et au feu du chalumeau, et si au moment

où il commence à rougir on le jette hors de son creuset, de manière à ce qu'il tombe sur le sol du lieu où l'on opère, l'étain se disperse en globules lumineux et vraiment enflammés, qui se meuvent et s'agitent quelque temps sur les carreaux, en lançant des étincelles ardentes qui font un spectacle très-agréable. On obtient le même effet, suivant une observation déja ancienne de Geoffroy, lorsqu'on le chauffe fortement dans un creuset. Quand ce vaisseau est bien rouge, le métal déja recouvert d'une couche d'oxide se soulève et sautille en jets, qui offrent dans l'air une flamme vive et blanche, analogue à celle du zinc. On voit aussi succéder à ces jets de flamme une fumée d'oxide blanc qui se condense sur les corps froids en aiguilles cristallines brillantes et transparentes.

24. L'exposition de l'étain à une forte chaleur, plus ou moins long-temps continuée avec le contact de l'air, et les phénomènes remarquables qui accompagnent alors son oxidation, ont été le sujet d'expériences importantes faites par Margraff, Macquer, les citoyens Darcet et Baumé. Ces quatre chimistes s'accordent à dire que l'oxide d'étain formé dans ce cas est en partie cristallisé en prismes aiguillés fins, du plus beau blanc; que cet oxide s'élève et se groupe en herborisations ou en buissons, imitant une végétation, un choux-fleur; que sous cette matière blanche comme la neige, se trouvent un autre oxide rougeâtre, et un verre de couleur d'hyacinthe ou violet, ou rouge de rubis ou de grenat, qui recouvre immédiatement la portion de métal inaltérée, qui n'a point eu le contact de l'air et n'a point absorbé d'oxigène. Quelquefois il y a eu dans les expériences un verre jaune pur, ou des enduits vitrifiés verts; mais il est vraisemblable que cela tenait à du fer, à du cuivre ou à quelque autre matière métallique étrangère.

25. Ces couleurs grise, blanche, violette ou rougeâtre obscure, que prennent les oxides d'étain en passant du

minimum d'oxidation à son *maximum*, et en se vitrifiant plus ou moins fortement, quoique moins riches et moins nuancées que celles de tant d'autres substances métalliques, font voir néanmoins que les proportions diverses d'oxigène font varier l'état de ses combinaisons, et semblent expliquer, par le plus ou le moins d'oxidation, les diverses modifications des oxides natifs de ce métal, depuis le blanc et le gris jusqu'au violet et au brun ou rouge foncé. Elles expliquent aussi la diversité qu'on rencontre dans les *potées d'étain*, dans lesquelles on trouve des nuances de gris, de blanc, de fauve et de rougeâtre, qui paraissent tenir à différentes proportions d'oxigène, quoiqu'elles soient dues aussi quelquefois au mélange de quelques autres oxides métalliques, et sur-tout au plomb, au cuivre ou au fer.

26. En démontrant, par les expériences que je viens de citer, la tendance qu'a l'oxide d'étain pour se vitrifier à une très-haute température, les chimistes n'ont pas donné par leur récit les moyens de déterminer la proportion exacte d'oxigène que cet oxide contient à différens degrés d'oxidation. Tout ce qu'on peut conclure, en général, de ce qu'ils ont dit à cet égard, c'est que jamais la proportion de ce principe, qui se fixe dans l'étain, ne va au delà de dix-huit parties sur cent de métal : en sorte qu'il ne forme pas tout à fait le sixième du poids de l'oxide le plus complet. Ils ont encore fait voir que cet oxide d'étain, aussi fortement brûlé que dans le dernier état cité, était devenu presque irréductible, ou qu'on ne pouvait presque plus lui rendre la forme métallique : ce qui prouve une grande adhérence entre l'étain et l'oxigène, adhérence que beaucoup de faits vont prouver encore en examinant les autres propriétés de ce métal.

F. *Union avec les combustibles.*

27. Il n'y a pas de combinaison connue entre l'azote,

l'hidrogène, le carbone et l'étain. Margraff a seulement observé qu'en mêlant du charbon en poudre avec de l'étain en limaille, à parties égales, ce mélange, introduit et chauffé très-fortement dans une cornue de terre, n'avait point donné de sublimé ou de fleurs, petite portion d'oxide d'étain qu'il avait obtenue dans des expériences où il avait chauffé ainsi le métal seul, et qu'il n'avait pas non plus éprouvé de fusion, mais s'était seulement changé en une poussière grossière et noirâtre : en lavant ensuite le mélange, il a trouvé l'étain en grenaille très-fine. Ainsi, dans cet essai, la fusion de l'étain en une seule masse avait été arrêtée et empêchée par la présence du charbon; et comme il n'y avait eu aucun sublimé arsenical, on doit être étonné que Margraff n'ait point été détourné, par ce résultat, d'admettre ce métal vénéneux dans l'étain, sur-tout à la proportion où il l'a admis.

28. Le phosphore se combine facilement et fortement à l'étain, comme il résulte du beau travail de Pelletier sur cette combinaison. En jetant du phosphore sur de l'étain fondu dans un creuset, ces deux corps s'unissent, et il en résulte un phosphure d'étain qui contient 0.15 à 0.20 de phosphore. Ce composé est d'une couleur blanche d'argent; il se laisse entamer au couteau; il cristallise en refroidissant; il a un tissu lamelleux; il se laisse d'abord aplatir sous le marteau, mais il se sépare bientôt en lames : en le limant, il donne une limaille semblable à celle du plomb; jetée sur les charbons allumés, cette limaille brûle en répandant l'odeur et la flamme du phosphore : au chalumeau, le phosphore brûle de même, et le petit culot qui reste est recouvert d'un verre transparent. Margraff, qui avait obtenu ce phosphure d'étain, sans s'en douter, par un procédé dont je parlerai plus bas, l'avait indiqué comme feuillé et brillant, fragile, semblable au zinc, et donnant une flamme de phosphore sur les charbons ardens. Pelletier a distillé ce phosphure d'étain avec le muriate suroxigéné de mercure; il a eu pour produit

du muriate fumant d'étain, du mercure réduit, et du gaz hidrogène phosphoré, qui s'est enflammé avec détonation en sortant de la cornue. Il a resté dans ce vaisseau une matière boursouflée, brûlant sur les charbons, à la manière du phosphore, et qu'il a regardée comme une combinaison d'étain et de phosphore.

29. Le soufre s'unit facilement à l'étain, et forme avec lui un composé qui n'existe que très-peu abondamment, à ce qu'il paraît, dans la nature. On combine l'étain avec le soufre, en jetant ce dernier sur le métal fondu dans un creuset : on remarque que la fusion de l'étain est arrêtée. Il résulte de cette union, qui absorbe seize à vingt parties de soufre par cent parties d'étain, une matière brillante, d'un gris métallique, souvent bleuâtre, d'une cassure lamelleuse et rayonnée, cristallisant en cubes, qui passe à l'octaèdre, qui est attaquable par les acides avec effervescence, et qu'on ne trouve que très-rarement parmi les mines d'étain, quoique l'art parvienne aisément à la former.

30. Si l'on chauffe modérément et graduellement, dans une cornue ou dans un creuset, parties égales d'oxide d'étain et de soufre, et si l'étain est suffisamment oxidé, il se dégage du gaz acide sulfureux, du soufre, et il reste dans le vaisseau un composé brillant de couleur d'or non volatil, cristallisable en lames hexaèdres, non attaquable par les acides, donnant à un grand feu de l'acide sulfureux, du soufre et une masse noire de sulfure d'étain. Ce composé, qui a été décrit par Kunckel, que les alchimistes ont découvert, et qui a même donné à beaucoup d'entre eux des espérances chimériques, a porté le nom d'or musif ou mussif, *aurum musicum*, *musicum*, *mosaicum*. C'est de l'oxide d'étain sulfuré ou hidrosulfuré, dont la nature, la préparation et les propriétés ont été si bien décrites par Pelletier en 1792, qu'il n'y a presque rien à ajouter à son travail complet sur ce composé. Ce n'est pas cependant par ce procédé immédiat de chauffer de l'oxide

d'étain et du soufre qu'on prépare cet oxide hidrosulfuré : on verra par la suite la liste nombreuse des moyens très-variés qu'on peut employer pour le former. Il suffit d'énoncer ici en général que toutes les fois que de l'oxide d'étain se trouve en contact avec du soufre très-divisé, ou avec des hidrosulfures à un certain degré de température, il forme ce composé doré, sur lequel je reviendrai.

31. L'étain ne s'unit point facilement au gaz hidrogène sulfuré ; cependant lorsqu'il est plongé dans ce gaz ou dans l'eau qui le tient en dissolution, il change promptement de couleur ; il en prend une jaune dorée, et il paraît décomposer les hidrosulfures. Cette action est bien plus forte de la part des oxides d'étain : ceux-ci jaunissent d'abord, noircissent ensuite quand on les dessèche à l'air, et prennent le brillant métallique et doré de l'or musif lorsqu'on les chauffe doucement. Les hidrosulfures, l'eau hidrosulfurée perdent promptement leur odeur par la suite de cette altération. Il est bien évident qu'il se forme ici de l'oxide d'étain hidrosulfuré.

32. L'étain est susceptible de se combiner avec beaucoup de substances métalliques, et forme des alliages plus ou moins remarquables, moins cependant avec la plupart des métaux déja traités, qu'avec ceux qui nous restent à traiter après lui. L'arsenic ne peut s'unir que difficilement par la fusion dans des creusets avec l'étain, à cause de sa volatilité. Margraff a fait voir qu'on peut cependant faire cet alliage au moyen de l'acide arsenieux auquel une partie de l'étain enlève son oxigène : c'est d'après cela qu'il a répandu l'alarme sur les usages économiques de l'étain. Le citoyen Baumé, en chauffant avec de l'étain de l'arseniate acidule de potasse, *sel neutre arsenical de Macquer*, que ce métal décompose, suivant lui, dit avoir obtenu un culot brillant, aigre et à facettes, comme l'antimoine. Bayen a beaucoup mieux vu et décrit cette combinaison. Il a prouvé d'abord que l'acide arsenieux ne se combinait point avec l'étain ; ses expériences ont fait

voir que les craintes nées des essais erronés de Margraff n'étaient que des chimères. En traitant à la cornue quinze parties d'étain ou limaille et une partie d'arsenic métallique en poudre, jusqu'à faire rougir ce mélange, il se sublime à peine un soixante-douzième de l'arsenic en acide arsenieux : ce métal volatil est fixé par sa combinaison avec l'étain. On trouve au fond de la cornue un culot métallique pesant la somme totale des deux métaux employés, cristallisé en grandes lames ou facettes, comme le bismuth, plus fragile que le zinc, plus difficile à fondre que l'étain, qui, ramolli d'abord par le feu et pressé avec une baguette de fer, produit un bruit par le frottement de ses lames, et dont l'arsenic ne se sépare qu'en le chauffant long-temps à l'air. L'examen qu'il a fait de cet alliage à un seizième d'arsenic, dont il a singulièrement varié les proportions en y ajoutant de l'étain ; les moyens qu'il a donnés pour reconnaître la présence de l'arsenic dans l'étain, sur-tout par l'acide muriatique qui dissout ce dernier, et laisse le premier en poudre noire ; l'analyse comparée qu'il a présentée de tous les étains ouvrés ou bruts dont on se sert en France, ont entièrement rassuré et le gouvernement français et tous les hommes de bonne foi, contre les prétendus dangers de l'étain dans les usages de la vie. Il résulte en général de son travail par rapport à l'étain arseniqué, 1°. que la quantité d'arsenic que Margraff croyait avoir trouvée dans l'étain de Morlaix, et qui allait presque à un neuvième de son poids, serait beaucoup plus que suffisante pour ôter à ce métal la mollesse et la flexibilité qu'on lui connaît, et pour le rendre au moins aussi fragile que le zinc ; 2°. que les étains de Banca et de Malaca ne contiennent pas un atome de ce dangereux métal ; 3°. que l'étain d'Angleterre, en gros saumons, donne, par l'action de l'acide muriatique, une petite quantité de poudre noirâtre, souvent mêlée de cuivre et d'arsenic, dans laquelle ce dernier ne va jamais au delà d'un 700e, et se trouve souvent au dessous ; 4°. que le mélange,

fait par les potiers d'étain anglais avec ceux de Malaca ou de Banca, diminue encore cette faible proportion; 5°. que l'arsenic uni à l'étain, sur-tout quand celui-ci contient une aussi petite quantité du premier que celle qu'il n'y a trouvée que quelquefois, perd la plus grande partie de son action corrosive et vénéneuse; 6°. enfin, que la très-petite quantité d'étain si faiblement arseniqué, qui peut entrer dans les alimens par l'usage journalier de la vaisselle faite avec ce métal, ne peut influer sur l'économie animale; puisque, d'après le calcul fait sur ce qu'un plat avait perdu pendant un service continuel de deux ans, on n'en prendrait tout au plus que trois grains par mois et conséquemment un 5.760e. de grain d'arsenic par jour, en supposant que l'étain ouvré de Paris contient autant de métal vénéneux que l'assiette de Londres, mise en expérience par Bayen, en contenait: ce qu'il avait déja reconnu être faux avant d'établir ce calcul si simple et si rassurant.

33. On ne connaît pas encore la possibilité ou les propriétés des alliages de l'étain avec le tungstène, le molybdène, le chrome, le titane, l'urane et le manganèse. On a seulement ou indiqué ou examiné ceux qu'il est susceptible de former avec le cobalt, le nickel, le bismuth, l'antimoine, le mercure et le zinc. L'étain et le cobalt donnent, par la fusion, un métal à petits grains serrés et d'une couleur légèrement violette. Cronstedt a trouvé que le nickel allié à l'étain formait une masse métallique blanche, brillante, aigre, dure, dont le caractère spécifique consistait sur-tout dans l'espèce de végétation ou de boursouflement qu'elle lui a présentée quand on l'a chauffée sous la mouffle.

34. L'étain allié au bismuth donne, suivant Gellert, un alliage cassant, dur et à facettes carrées. Les potiers d'étain allient très-souvent ce métal avec le bismuth pour lui donner de la blancheur et de la dureté. Depuis long-temps on avait fait un rapprochement de ces deux métaux, puisque le dernier avait été nommé *étain de glace*. Le bismuth communi-

quant une grande roideur à l'étain, et étant d'ailleurs plus cher que lui, les potiers ne peuvent pas l'employer à plus d'un centième et demi ou de deux centièmes. On reconnaît très-aisément cet alliage, et on en fait un départ aussi facile qu'exact à l'aide de l'acide muriatique qui dissout l'étain, et laisse le bismuth sous la forme d'une poudre noire, si cet acide est assez affaibli.

35. Gellert, qui a fait l'histoire d'un grand nombre d'alliages dans sa Chimie métallurgique, annonce que l'étain uni à l'antimoine forme un métal blanc, très-aigre, dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de ces deux substances métalliques prises séparément. L'antimoine durcit assez fortement l'étain ; il en change le tissu et la forme. On emploie cette combinaison dans plusieurs arts, et notamment pour les planches à graver la musique.

36. Le mercure s'unit facilement à l'étain et dans toutes sortes de proportions ; on peut même dire qu'il le dissout complétement, puisque l'étain perd sa solidité, et disparaît entièrement dans une grande quantité de mercure. Quoique cette union puisse s'opérer à froid, on la favorise beaucoup par la chaleur. Pour cela, on verse le mercure chauffé dans l'étain en fusion. L'amalgame qui en résulte diffère, par sa solidité, suivant les doses relatives des deux métaux employés. On fabriquait autrefois une amalgame d'étain solide qu'on coulait en boules avec quatre parties d'étain et une de mercure. Ces boules étaient suspendues dans l'eau avec l'intention de la purifier ; mais comme on la faisait bouillir, c'était vraiment à l'ébullition qu'était due cette purification, puisqu'elle pouvait seule séparer, par la précipitation, les sels peu solubles que contient ordinairement l'eau impure et crûe. L'amalgame d'étain est susceptible de donner des cristaux cubiques, que Daubenton a le premier observés et décrits sur les couvercles des bocaux de verre de la Collection du Muséum d'histoire naturelle, parce qu'on était autrefois dans l'usage de luter

ces bocaux avec une amalgame d'étain solide. Le citoyen Sage, qui a fait des recherches suivies sur les amalgames, annonce que celle d'étain donne des cristaux gris, brillans, en lames feuilletées, amincies vers leurs bords, et laissant entre elles des cavités polygones.

37. Le zinc s'allie très-bien à l'étain par la fusion ; il en résulte un métal dur, à petits grains serrés, dont la ductilité correspond à la quantité de l'étain qu'il contient. On a remarqué depuis long-temps que le zinc produisait sur l'étain à peu près le même effet que le bismuth, et les potiers d'étain savent qu'ils pourraient le substituer à ce dernier ; cependant il durcit sensiblement moins que le bismuth, et il en faut une plus grande proportion. En revanche, s'il augmente peu sa dureté, il diminue peu sa ductilité et la lui conserve plutôt ; aussi se sert-on de cet alliage pour plusieurs arts. On sait d'ailleurs que quelques chimistes ont trouvé plusieurs analogies entre le zinc et l'étain ; mais on doit, en rectifiant les bases de cette comparaison, faire observer qu'il y a un bien plus grand nombre de différences qu'il n'y a de ressemblance entre ces deux métaux.

G. *Action sur l'eau et sur les oxides.*

38. L'étain n'agit point seul sur l'eau à froid au moins d'une manière sensible, quoique je l'aie déja montré comme une des matières métalliques qui a le plus d'attraction pour l'oxigène. A la vérité, des expériences assez exactes n'ont peut-être pas encore été assez multipliées pour nier entièrement cette action, puisque d'ailleurs il y a un assez grand nombre de circonstances chimiques où, par l'addition d'un troisième corps, l'étain opère véritablement la décomposition de l'eau, en absorbe l'oxigène et en dégage l'hidrogène. Son oxide n'est point dissoluble et ne contracte point d'union avec l'eau.

39. Ce métal est un de ceux qui agissent de la manière la plus

marquée et la plus prompte sur la plupart des oxides, auxquels il enlève l'oxigène. En le chauffant après l'avoir mêlé en limaille avec ces oxides, il les fait repasser à l'état métallique ou voisin de la métalléité, et prend lui-même le caractère d'un oxide. Quelquefois même, comme cela lui arrive avec l'oxide de mercure, il brûle et s'enflamme avec activité, en absorbant l'oxigène plus solide qu'il ne l'était dans ce métal. C'est par cette forte attraction pour l'oxigène que l'étain a la propriété de précipiter un grand nombre de métaux de leur dissolution dans les acides. C'est par elle que le sulfure d'étain, chauffé avec l'oxide rouge de mercure, donne du mercure coulant et peu d'or mussif; tandis qu'on obtient beaucoup de ce dernier, en chauffant ce même sulfure d'étain avec parties égales de cinnabre, qui fournit du soufre en même temps que de l'oxigène à l'étain.

40. Souvent l'étain en enlevant l'oxigène à d'autres oxides métalliques, ne le leur prend pas tout entier, ne fait que partager avec eux celui qu'ils contiennent ; de sorte qu'il résulte alors de leur action réciproque une espèce d'oxide moyen et mixte, qui change cependant les propriétés, soit de l'étain, soit du premier oxide auquel il a été appliqué. Il en est de même des oxides d'étain les moins oxidés ; souvent pour se saturer d'oxigène, ils n'en absorbent qu'une partie des oxides étrangers avec lesquels on les met en contact : et il résulte de cette action, en quelque sorte moyenne ou tempérée, un équilibre commun d'oxidation qui donne naissance à beaucoup de phénomènes particuliers, tels spécialement que des précipitations mutuelles ou réciproques de plusieurs dissolutions métalliques par celle de l'étain, qui ont lieu en général parce que ce dernier, surchargé d'oxigène, ne peut plus rester uni aux acides; tandis que les autres, dépouillés par lui de la proportion de ce principe qui les rendait dissolubles, cessent de l'être par cette espèce de défaut. C'est là ce qui a lieu dans la formation du *précipité d'or pourpre*, dont je parlerai à l'histoire de ce der-

nier métal. Il n'y a que le manganèse et le zinc qui enlèvent l'oxigène à l'étain ; aussi emploie-t-on le zinc pour précipiter l'étain en métal de ses dissolutions par les acides.

H. *Action sur les acides.*

41. En général l'étain décompose avec plus ou moins de facilité les acides ou l'eau qui les accompagne, et tend plutôt à se séparer ensuite en oxide qu'à rester uni en sels permanens aux acides eux-mêmes. On dirait qu'il prend dans cette forte oxidation le caractère acide ; et plusieurs auteurs modernes ont adopté cette acidifiation de l'étain, quoiqu'ils n'en aient point encore fourni des preuves bien concluantes. C'est en raison de cette forte action des acides sur l'étain, et du peu d'attraction que son oxide ainsi formé porte pour les acides, que l'histoire des dissolutions de ce métal présente tant d'incertitudes, de variations, et même de contradictions dans les auteurs depuis Kunckel, qui a le premier décrit, avec un grand détail, ce genre de compositions chimiques, et Monnet qui les a beaucoup étudiées avant l'établissement de la doctrine pneumatique. La confirmation de cette dernière a fait disparaître la plupart de ces difficultés, et rendu très-claire et très-facile à expliquer la théorie de l'action réciproque des acides et de l'étain.

42. Kunckel, copié à cet égard par Juncker et Wallerius, assurait que quatre parties d'acide sulfurique concentré, unies à une partie d'eau, pouvaient dissoudre une partie d'étain pur en limaille. Il exposait ce mélange dans une cucurbite de verre sur un bain de sable qu'il chauffait doucement et de manière à ne pas faire bouillir l'acide. Suivant lui, il se dégageait des vapeurs sulfureuses. La forme métallique de l'étain disparaissait et il se dissolvait peu à peu ; la liqueur devenait blanche et épaisse ; évaporée entièrement, il restait une masse tenace qui adhérait aux vases. En ajoutant de l'eau à cette masse refroidie,

et en chauffant de nouveau, elle se dissolvait. On pouvait faire la même dissolution transparente d'un jaune brun, en jetant dans l'acide sulfurique un peu, mais non trop affaibli, l'étain par parties et en attendant que chacune d'elles fût dissoute. Wallerius annonçait de plus que les cristaux d'oxide d'étain natif, *ziun grau peu* des Allemands, pouvaient être dissous dans l'acide sulfurique; qu'en ajoutant de l'eau chaude, en filtrant et en évaporant on en obtenait des cristaux transparens de *vitriol jovial* ou de sulfate d'étain qu'il n'a pas décrits, non plus qu'aucun des auteurs qui en ont parlé depuis. Macquer et le citoyen Baumé ont ajouté à cette première description qu'il se séparait du soufre dans cette opération, qu'il nageait en gouttelettes à la surface de la liqueur chaude; que c'était lui qui donnait la couleur brunâtre à la dissolution. Le citoyen Monnet en a obtenu par le refroidissement des cristaux en aiguilles, qu'il a comparés à ceux du sulfate de chaux; il a de plus observé qu'elle déposait à la longue un oxide d'étain qui n'était plus dissoluble, et qu'on le séparait aussi très-réfractaire et très-difficile à réduire par la seule action de la chaleur. On reconnaît en effet, par l'expérience, que l'étain décompose facilement l'acide sulfurique un peu concentré et à l'aide du feu; qu'il en dégage beaucoup de gaz acide sulfureux; qu'en s'oxidant fortement il est susceptible ensuite d'en être séparé ou précipité par l'eau; qu'étendu et un peu affaibli, cet acide agit également sur l'étain, et même à froid; que dans ce cas de moindre oxidation sa dissolution est un peu plus permanente, et ne se trouble pas par l'eau; mais que par la concentration à l'aide du feu, son oxide s'en précipite; qu'on ne peut point obtenir de véritable sulfate d'étain cristallisé et permanent; qu'il se dépose du soufre pendant cette action; que quelquefois cette dissolution prend la forme épaisse et l'apparence d'une gelée blanche et opaque, et qu'ainsi il n'y a pas de véritable union solide entre l'oxide d'étain et l'acide sulfurique. Cependant cette dissolution, quand elle est faite à

froid, qu'elle n'est pas concentrée, ni surchargée d'étain, qu'elle ne se trouble pas par l'eau, précipite par les alcalis et les terres un oxide blanc très-réfractaire, et d'une très-difficile réduction. Les hidrosulfures et les sulfures alcalins la précipitent en brun noirâtre en perdant leur odeur; et ce précipité, chauffé légèrement dans un appareil fermé, donne de l'or mussif, ou de l'oxide d'étain hidrosulfuré.

43. L'action de l'acide sulfureux sur l'étain n'a été indiquée jusqu'ici par aucun chimiste. Dans le travail sur les sulfites métalliques qui m'est commun avec le citoyen Vauquelin, cette combinaison a présenté quelques faits remarquables; je ne les décrirai ici que sommairement, parce qu'ils ressemblent à ceux qu'offre le fer, et qui, bien plus intéressans encore, seront traités avec beaucoup plus de développement à son article. Dès que l'étain est mis en contact avec l'acide sulfureux liquide, il prend une couleur jaunâtre analogue à celle de l'or mussif. Quelques jours après, il devient noir comme du charbon, et il se dépose dans la liqueur une poudre noire. Alors l'action cesse entre ces deux corps. La poudre blanchie donne du gaz acide sulfureux par l'acide sulfurique, et du gaz hidrogène sulfuré par l'acide muriatique; celui-ci sépare du soufre de cette poudre en dissolvant l'étain. Au chalumeau, cette même poudre se fond en une masse noire, après avoir exhalé de l'acide sulfureux, et répand sur les bords de la cuiller une poussière jaune de soufre. La portion d'étain noirci au fond de l'acide sulfureux, frottée entre les doigts, donne une forte odeur de gaz hidrogène sulfuré; au chalumeau, elle exhale de l'acide sulfureux, et laisse du soufre sur les bords du support. La liqueur surnageant la poudre blanche et noire, ayant une forte odeur d'acide sulfureux qu'elle perd à l'air, dépose, par l'addition de l'acide sulfurique concentré du soufre presque pur.

Il est prouvé par ces faits que l'étain décompose une partie de l'acide sulfureux qui lui fournit de l'oxigène, et qu'il

s'unit une fois oxidé à une autre partie de cet acide; qu'une portion du soufre se dépose avec le sulfite d'étain blanc peu dissoluble ; qu'une autre reste en dissolution dans la liqueur avec un peu de sulfite d'étain, qui, comme on voit, est un sulfite sulfuré ; enfin qu'une troisième partie du soufre se combine à une portion de l'étain métallique, et forme un sulfure noir sur lequel l'acide sulfureux n'a point d'action : ce qui arrête ou limite la dissolution, comme on l'a observé.

44. L'acide nitrique est attaqué avec une violente énergie par l'étain. Ce métal est changé en un oxide du plus beau blanc, qui donne à la liqueur la forme de lait caillé ou de fromage. Il y a long-temps que les chimistes connaissent cette vive action, et qu'ils la présentent, avec raison, comme une sorte d'inflammation. Mais cherchant toujours à obtenir des dissolutions dans les acides, sans voir au-delà de cette suspension ce qui pouvait arriver au métal, ils ont long-temps été occupés à rendre permanente celle de l'étain dans l'acide nitrique. Le citoyen Baumé a conclu de ses expériences que cela était impossible. Wasserberg prétendait néanmoins y être parvenu en mettant peu d'étain dans l'acide nitrique très-pur, étendu d'eau ; il avertit cependant que cette dissolution, qu'il dit avoir gardée long-temps sans qu'elle se soit troublée, ne lui a point fourni de cristaux; et que par une douce évaporation tout l'oxide d'étain s'est précipité, en laissant la liqueur pure et acide.

Ce fait avait depuis long-temps été vu par Rouelle l'aîné. Il est certain qu'en mettant un petit fragment d'étain solide dans une grande quantité d'acide nitrique faible, on en opère la dissolution complète, et que l'acide retient long-temps son oxide, qui se sépare constamment, soit par addition d'une grande quantité d'eau, soit quand on évapore la liqueur, soit quand on ajoute du nouvel étain comme pour en saturer l'acide : mais ce n'est pas là ce que cherchent à obtenir les chimistes modernes ; ils ont eu d'autres vues en examinant

avec plus de soin cette action réciproque de l'étain et de l'acide nitrique, dans laquelle il se passe des phénomènes importans.

Bien persuadés, par tous les faits connus, que l'étain est fortement oxidé par cet acide, qu'il décompose avec une violente rapidité, et qu'il ne peut pas rester combiné en nitrate avec cet acide, dont il tend sans cesse à se séparer, ils ont porté leur attention sur l'oxide d'étain qui provient de cette action. Convaincus avec Macquer qu'il est devenu presque irréductible, ayant trouvé depuis la mort de ce célèbre chimiste la cause de ce phénomène dans la solidité que prend l'oxigène et dans la forte adhérence qu'il contracte avec l'étain à mesure qu'il est enlevé à l'acide nitrique par ce métal, quelques-uns ont pensé de plus que cet oxide prenait les caractères d'un acide, et que c'était pour cela qu'il ne pouvait pas rester uni à l'acide nitrique. Ils se sont fondés encore sur la dissolubilité de cet oxide dans les alcalis; et c'est ainsi que le citoyen Guyton conçoit que M. Klaproth a réussi à traiter et à analyser les oxides d'étain natifs par la potasse : il regarde cette dissolution de mine d'étain dans l'eau par l'alcali, comme un staunate ou un stannite de potasse : mais malgré la vraisemblance et l'accord de cette opinion avec les bases de la doctrine française, il manque encore des preuves directes pour l'adopter, et on ne peut pas comparer les propriétés acquises par l'oxide d'étain avec celles des acides arsenique, tunstique, molybdique et chromique.

Le citoyen Guyton a fait une précieuse découverte sur la force avec laquelle l'étain absorbe l'oxigène dans sa dissolution nitrique. Une partie d'acide nitrique pur et une partie et demie d'étain, traitées à la corme, ne lui ont fourni aucun gaz, quoiqu'il y eût une action très-marquée entre les deux corps. Ayant examiné avec soin le résidu de cette opération, il a trouvé de l'ammoniaque faisant à peu près le vingtième du poids total de l'acide et de l'étain employés. Cette ammoniaque n'a pu être formée que par l'azote de l'acide uni à l'hidrogène de l'eau :

donc l'étain très-avide d'oxigène avait non-seulement décomposé l'acide nitrique, mais encore l'eau ; et il ne s'était dégagé aucun gaz à cause de cette union de l'hidrogène avec l'azote.

45. L'oxide d'étain préparé, ou fait par l'acide nitrique, traité à la dose de trois parties avec deux parties de soufre, dans une cornue de verre, a fourni à Pelletier de l'acide sulfureux et de l'*or mussif*, tandis que l'oxide d'étain moins oxidé, tel que le gris ou la *potée*, traité avec le soufre, ne lui a donné que du sulfure d'étain, à cause du peu d'oxigène qu'il contient dans cet état de faible oxidation. Trois parties de sulfure d'étain, traitées au feu et jusqu'à siccité par l'acide nitrique (traitement dont la nécessité pour opérer l'oxidation prouve que le soufre uni à l'étain modère beaucoup sa propriété d'agir, comme décomposant, sur cet acide), puis chauffées dans une cornue avec deux parties de soufre, ont également donné à cet habile chimiste de l'*or mussif*, ou oxide d'étain sulfuré de couleur dorée. Le même sulfure d'étain mêlé de deux parties de soufre sur trois, et distillé avec l'acide sulfurique concentré, lui a donné de l'acide sulfureux pour produit et de l'oxide d'étain hidrosulfuré et doré pour résidu. Ainsi Pelletier s'est servi de la propriété oxidante des acides sulfurique et nitrique sur l'étain pour favoriser l'union de cet oxide avec le soufre, et préparer ce composé brillant et auriforme, connu depuis long-temps sous le nom d'*or mussif*.

46. L'acide muriatique concentré et fumant agit bien sur l'étain, et c'est de tous les acides celui qui le dissout le mieux. Cette dissolution s'opère même à froid ou à l'aide d'une douce chaleur ; l'acide perd sur-le-champ sa propriété de fumer et la couleur jaune qu'il a si souvent, et l'on verra bientôt que cette décoloration par l'étain, comme par d'autres corps avides d'oxigène, fournit une nouvelle preuve que la couleur de cet acide dépend d'un peu d'acide muriatique oxigéné. L'effervescence légère qui a lieu pendant cette décomposition est due à la décomposition de l'eau, et au dégagement d'un

gaz hidrogène fétide dont la nature n'est pas encore connue, et dont l'examen sera peut-être quelque jour la source de découvertes heureuses sur la composition de l'acide muriatique. Je soupçonne que le gaz odorant et fétide qui se dégage dans cette opération est du gaz hidrogène tenant de l'étain en dissolution aériforme. L'acide muriatique peut prendre ainsi plus de la moitié de son poids d'étain. La dissolution est jaunâtre ; il ne s'y forme point de dépôt ni de précipité comme dans celles par l'acide sulfurique et par l'acide nitrique. Evaporée, elle fournit des prismes aiguillés, brillans et réguliers, un peu déliquescens, qui, après avoir attiré l'humidité de l'air, s'y dessèchent. Le citoyen Baumé, qui a fait cette combinaison très en grand pour les teinturiers, a observé qu'il restait environ un soixante-sixième du poids de l'étain d'une poudre grise indissoluble, qu'il n'a point examinée. Il a comparé l'odeur fétide qu'exhale cette dissolution à celle des terres noires sortant des vieilles latrines, et il a remarqué qu'elle adhère aux mains pendant plus de vingt-quatre heures. Suivant lui, ce sel cristallise diversement, suivant l'état de l'acide, ou en aiguilles blanches, ou en cristaux rosés analogues à ceux du sulfate de soude, ou en petites écailles d'un blanc de perle. Le citoyen Monnet assure que cette dissolution distillée passe en vapeur et donne une liqueur fumante. Macquer a vu une dissolution muriatique d'étain cristalliser en hiver, se fondre en été, et déposer à la longue un oxide blanc. Les alcalis précipitent du muriate d'étain un oxide blanc très-abondant qu'ils redissolvent lorsqu'on les ajoute en excès ; la dissolution alcaline est d'un jaune brun. Le sulfure d'ammoniaque précipite ce sel en poussière lie-de-vin, qui devient noire en séchant, et qui, par la distillation, donne de l'ammoniaque et de l'or mussif. Le sulfure de potasse y forme un précipité jaune, qui, par la distillation, fournit de l'acide sulfureux et du soufre, en passant dans sa partie fixe en oxide d'étain hidrosulfuré ou

en or mussif. Son oxide précipité par la soude, distillé avec son poids de soufre, donne du gaz acide sulfureux, du soufre, et laisse un résidu d'or mussif. Ces trois derniers résultats sont dus à Pelletier, qui s'en est servi pour confirmer son opinion sur l'état très-oxidé de l'étain dans cet hidrosulfure doré.

47. Le même chimiste a publié, en mars 1792, des recherches et une suite de découvertes bien plus importantes sur la dissolution muriatique d'étain. Il y a été conduit par l'importance de cette préparation pour la teinture, et par la diversité des effets qu'on en obtient, suivant celle de la méthode que l'on suit pour l'obtenir; c'était pour remédier aux incertitudes qui en provenaient qu'il a examiné l'état et les causes des variétés de cette dissolution. Son travail a répandu le plus grand jour sur cet objet, et contribué aux progrès de la doctrine pneumatique. Il a fait d'abord une dissolution d'étain avec ce métal laminé, et coupé en petits morceaux sur lesquels il a versé dans un matras quatre fois leur poids d'acide muriatique concentré bien pur; en plaçant ce vase sur un bain de sable chauffé par degrés, il a obtenu une dissolution complète. C'est avec cette dissolution qu'il a fait un grand nombre d'expériences qui prouvent toutes qu'elle est susceptible d'absorber avec activité l'oxigène à une foule de corps, et de passer au nouvel état de muriate suroxigéné d'étain, jouissant de propriétés nouvelles, et, entre autres, d'une qualité bien supérieure pour la plupart des opérations de teinture. Voici le précis de ses découvertes sur ce point.

A. La dissolution muriatique d'étain absorbe avec chaleur le gaz acide muriatique oxigéné, qui perd son odeur, et la fait changer de nature.

B. Elle fait une violente effervescence avec l'acide nitrique, en dégage beaucoup de gaz nitreux, et est souvent lancée hors du vaisseau par cette addition.

C. Elle devient rougeâtre par l'acide sulfureux, et dépose de l'oxide d'étain sulfuré jaune d'une magnifique couleur.

D. Elle noircit et change en métal l'acide arsenique, bleuit et fait repasser à l'état métallique les acides molybdique et tunstique, le tunstate de chaux et celui d'ammoniaque, en enlevant l'oxigène à ces trois acides.

E. L'oxide rouge de mercure, le muriate suroxigéné de mercure, jetés dans cette dissolution, lui cèdent aussi leur oxigène, et repassent à l'état métallique.

F. Il en est de même de l'oxide blanc d'antimoine, de celui de zinc, de celui d'argent.

G. Elle décompose la dissolution d'or, en précipite le pourpre de *Cassius*, en enlevant l'oxigène qui rendait ce métal dissoluble, ce qu'elle ne fait pas lorsqu'elle est saturée d'oxigène.

H. Enfin elle absorbe immédiatement le gaz oxigène, et passe au même état que si elle avait été mêlée avec l'acide muriatique oxigéné; ce qui a engagé Pelletier à la regarder comme très-propre à fournir aux chimistes un moyen de plus pour déterminer la quantité de gaz oxigène contenu dans un fluide aériforme.

I. Il a proposé de faire la composition pour la teinture, en chargeant la dissolution d'étain de gaz acide muriatique oxigéné; il a observé que cette dissolution absorbe ce gaz presque jusqu'à la moitié du poids de l'étain qu'elle a dissous. Il faut ensuite la chauffer sur un bain de sable pour en séparer la portion d'acide muriatique libre qu'elle contient après cette absorption.

48. Les résultats de ces expériences intéressantes se sont trouvés d'accord avec d'autres recherches également curieuses et concordantes avec la doctrine pneumatique que le citoyen Adet avait faites quatre ans auparavant sur une espèce de muriate d'étain fumant, nommé *liqueur de Libavius*, du nom de son premier auteur. Quoique ce singulier produit soit le résultat de la décomposition du muriate suroxigéné de mercure par l'étain, il a trop de rapport avec ce qui vient d'être exposé pour ne pas en présenter ici la préparation et

les propriétés comparées aux deux dissolutions muriatiques que je viens de faire connaître. On a déja tant eu d'occasions de reconnaître la forte attraction de l'étain avec l'oxigène, qu'il ne sera pas nécessaire d'expliquer la théorie de cette décomposition. En triturant parties égales d'une amalgame faite avec deux parties d'étain et une de mercure, destinée à diviser le premier de ces métaux, et de muriate de mercure corrosif; en distillant ce mélange dans une cornue de verre à une très-douce chaleur, il passe d'abord une liqueur sans couleur, et il s'élance ensuite, avec une sorte d'explosion et en un seul jet, une vapeur blanche épaisse qui enduit le récipient d'une couche très-mince. Cette vapeur se condense en une liqueur transparente qui exhale à l'air une fumée blanche, lourde, très-abondante : c'est la *liqueur fumante de Libavius*, ou le muriate suroxigéné et fumant d'étain. Renfermée dans un flacon, cette liqueur ne répand pas de vapeur visible; elle dépose cependant, au haut du vase qui la contient, des cristaux aiguillés qui bouchent souvent son ouverture étroite; il se précipite aussi une portion de ces cristaux au fond du liquide. A l'air, elle fume beaucoup, et répand une odeur âcre qui excite la toux; c'est à l'eau atmosphérique, qui opère une précipitation d'oxide d'étain, qu'est due cette vapeur. L'eau ne précipite pas cependant ce muriate d'étain fumant liquide; quand on le verse dans l'eau, il y produit un bruit semblable à celui qu'occasionne l'acide sulfurique concentré; il se sépare tout à coup en plusieurs bulles transparentes qui s'échappent du mélange, et viennent crever à la surface de l'eau en un gaz qui blanchit par le contact de l'air. En agitant l'eau, on les dissipe plus promptement, et la liqueur ne fume plus. Macquer dit qu'étendue de beaucoup d'eau, la liqueur fumante précipite un oxide d'étain en petits flocons blancs. Le résidu de la distillation de ce muriate suroxigéné et fumant d'étain, présente aussi plusieurs phénomènes intéressans qui ont été bien décrits par Rouelle le cadet. La voûte et le col de la

cornue sont enduits d'une couche blanche et grise, contenant un peu de muriate fumant, plus un autre muriate d'étain concret, qu'on nommait autrefois *étain corné*, du muriate mercuriel doux et du mercure coulant. Le fond du même vaisseau contient une amalgame de mercure et d'étain, recouverte de muriate d'étain solide, d'un gris blanc, qui peut être volatilisé par une chaleur plus forte que celle qui est nécessaire pour obtenir le muriate fumant. En traitant de nouveau à la cornue le muriate d'étain solide, il se fond et se sépare en deux couches : l'une noire, placée au bas, et l'autre blanche, analogue au premier muriate d'étain sublimé en étain corné. On voit, par ces détails que, dans l'opération de la liqueur fumante de Libavius, l'étain enlève l'oxigène au mercure, et se partage en plusieurs oxides plus ou moins chargés de ce principe, qui forment des combinaisons diverses avec l'acide muriatique.

49. Le citoyen Adet a soumis la liqueur fumante de Libavius à plusieurs expériences qui lui ont fait connaître exactement sa nature. Les principales sont les suivantes.

A. En unissant ce liquide à l'eau, il s'en dégage, par une véritable effervescence, des bulles de gaz azote dont il n'est pas facile de déterminer l'origine, que l'auteur lui-même n'a pas cherché à connaître.

B. Combinée avec l'eau, à la proportion d'un tiers environ du poids de ce liquide, ou dans le rapport de 7 à 22, la liqueur fumante forme un corps solide, fusible au feu, congelable par le froid, et semblable à ce que les chimistes nommaient autrefois *beurre d'étain*.

C. Ce muriate fumant d'étain, étendu d'eau, dissout de l'étain sans effervescence, sans mouvement, sans production ni dégagement de gaz hidrogène, et fournit un sel en tout semblable à celui que donne la dissolution immédiate de l'étain dans l'acide muriatique.

Le chimiste cité conclut de ces expériences que la liqueur

fumante est un composé d'acide muriatique disposé à prendre l'état aériforme, et d'oxide d'étain suroxigéné ; qu'il est à la dissolution muriatique d'étain ordinaire ce qu'est le muriate de mercure corrosif au mercure doux, et que c'est un muriate suroxigéné d'étain. Pelletier, d'après ses expériences, conclut de son côté que la dissolution muriatique d'étain, chargée de gaz acide muriatique oxigéné qu'elle décompose en lui enlevant son oxigène, et privée de l'acide muriatique en excès qu'elle contient alors à l'aide de la chaleur, est entièrement semblable à la liqueur fumante étendue d'eau ; et l'on voit qu'il est parvenu au même résultat que le citoyen Adet par des expériences faites absolument d'une manière inverse. Il annonce que la dissolution suroxigénée et muriatique d'étain, préparée par son procédé, cristallise par l'évaporation, et se sublime en entier comme le muriate d'étain fumant mêlé avec l'eau. Une observation dernière confirmera encore l'ensemble de cette théorie sur les deux muriates d'étain dont je viens d'exposer les différences et les propriétés. Il est si vrai que la dissolution muriatique d'étain doit sa propriété de précipiter l'or en pourpre à sa tendance pour lui enlever l'oxigène, que, laissée à l'air quelque temps après sa préparation, elle perd cette propriété en raison de l'oxigène atmosphérique qu'elle a absorbé : d'où il suit que les vues dans lesquelles on doit préparer cette dissolution sont véritablement l'inverse l'une de l'autre, quand on la destine à servir à la précipitation et à l'avivage des couleurs, ou à précipiter l'or de sa dissolution en oxide pourpre, comme je le ferai voir encore à l'article de ce dernier métal.

5o. L'étain jeté en limaille dans le gaz acide muriatique oxigène s'enflamme et s'oxide fortement. Cet acide liquide l'oxide et le dissout sans mouvement et sans effervescence. On peut, suivant les proportions réciproques de ces deux corps, faire du muriate d'étain ou du muriate suroxigéné d'étain ; le premier précipitant l'or en pourpre et absorbant

eudiométriquement l'oxigène atmosphérique, le second n'offrant ni l'une ni l'autre de ces propriétés. On confirme ainsi par un seul fait toute la théorie que j'ai développée ci-dessus.

51. L'acide nitro-muriatique, sur-tout celui qui est fait avec une partie d'acide nitrique et deux ou trois parties d'acide muriatique, dissout facilement l'étain. Cet acide mixte a même presque toujours été regardé comme son véritable dissolvant. Il s'excite une vive chaleur qu'on diminue en plongeant le vase dans de l'eau froide. On ne met le métal que par parties pour avoir une dissolution permanente, et l'on attend qu'une soit dissoute pour en ajouter une autre. L'acide nitro-muriatique peut dissoudre ainsi la moitié de son poids d'étain. Il est aisé de concevoir, d'après ce qui a été dit ci-dessus, que cette dissolution doit varier suivant la proportion des deux acides mêlés, et qu'elle peut être plus ou moins oxigénée suivant la quantité d'acide nitrique que l'on mêle. De là vient la différence d'effets que présente si souvent cette dissolution dans les arts où on l'emploie, d'après le procédé par lequel on l'a préparée. Elle est presque toujours colorée; elle forme souvent une matière tremblante et gélatineuse par le refroidissement; elle prend alors une solidité plus forte avec le temps; quelquefois elle est transparente, quelquefois blanche et demi-laiteuse comme une opale; elle n'a point la fétidité de la dissolution muriatique simple; elle ne présente cette concrétion gélatineuse que quand elle est chargée d'oxide d'étain. Il lui arrive cependant assez souvent de ne prendre cette forme visqueuse et demi-concrète qu'en y ajoutant moitié de son poids d'eau : alors elle est toujours un peu opaque : ce qui dépend, comme l'a dit Macquer, de la précipitation d'une partie de son oxide. Chauffée un peu fortement, cette dissolution présente encore une effervescence qui annonce une nouvelle action réciproque de ses principes, et une plus forte oxidation de l'étain. C'est sur-

tout après ce phénomène qu'elle se prend en gelée transparente. Il est évident qu'alors le muriate d'étain est suroxigéné.

52. L'acide phosphorique n'a presque point d'action sur l'étain, sous la forme liquide et à froid. Les phosphates dissolubles, versés dans du muriate d'étain, donnent un précipité de phosphate d'étain. L'acide phosphorique vitreux, chauffé avec la moitié de son poids d'étain, est décomposé; il se forme d'une part du phosphate d'étain vitrifié, et d'une autre part du phosphure d'étain semblable à celui qui est fait immédiatement par l'addition du phosphore à l'étain fondu. Pelletier, qui a fait connaître cette combinaison, en conclut que l'étain a plus d'attraction pour l'oxigène que n'en a le phosphore. Mais il y a ici un équilibre de combinaison d'un côté entre une portion d'étain oxidé et l'acide phosphorique vitreux, de l'autre entre une portion du phosphore séparé de l'acide phosphorique et l'étain métallique, équilibre qui s'établit à l'époque où chacun de ces composés est formé; et il n'est pas permis de douter que cette double combinaison ne soit la cause de la décomposition limitée de l'acide phosphorique.

53. On n'a presque point examiné l'action de l'acide fluorique sur l'étain; on l'a même crue si faible qu'on a proposé des cornues d'étain pour distiller cet acide. C'est ainsi que le citoyen Puymaurin, de Toulouse, dans son mémoire sur l'art d'employer cet acide à graver sur le verre, annonce qu'il s'est servi de vaisseaux de ce métal pour traiter le fluate de chaux par l'acide sulfurique. Cet acide s'unit par une double attraction à l'oxide d'étain, lorsqu'on verse une dissolution d'un fluate soluble dans celle de ce métal par l'acide muriatique. L'acide boracique ne s'y combine que par le même procédé, et forme un borate indissoluble. L'acide carbonique n'a point d'effet sensible sur l'étain, ni sous la forme fluide élastique, ni sous celle de liquide; il s'unit cependant avec son oxide, lorsqu'on précipite le

muriate d'étain par un carbonate alcalin ; et quand on redissont ensuite ce carbonate d'étain blanc dans un acide, il présente une effervescence. On a cru que ce sel existait dans la nature, mais aucun fait positif ne l'a encore prouvé.

54. Les acides métalliques sont tous susceptibles d'être décomposés par l'étain, qui a plus d'attraction, sur-tout à l'aide de la chaleur, que ces métaux n'en ont pour l'oxigène. Mais ces acides s'unissent avec l'oxide d'étain et forment avec lui des sels pulvérulens peu ou point dissolubles, dont on n'a point encore examiné les propriétés. On peut soupçonner que ces sels existent dans la nature, quoiqu'on ne les ait point encore trouvés parmi les fossiles.

I. *Action sur les bases et sur les sels.*

55. L'étain se comporte à peu près comme le zinc par les alcalis caustiques ; il est cependant un peu moins altérable par ces bases que ne l'est le dernier métal, et ne donne pas comme lui de gaz hidrogène, parce que, quoique très-oxidable, il l'est beaucoup moins que le zinc. Mais si l'étain est peu altérable dans son état métallique par les alcalis, il s'y combine beaucoup plus aisément dans son état d'oxide. J'ai déja parlé de cette combinaison à l'article des essais et à celui des dissolutions par les acides. L'union de l'oxide d'étain avec les alcalis fixes se fait par la voie sèche, comme par la voie humide ; elle a lieu aussi avec l'ammoniaque liquide à l'aide de la chaleur. Il faut observer qu'on ne l'opère bien que quand l'oxide d'étain est bien divisé, comme au moment où on le précipite ; mais que lorsqu'il est dense et lorsqu'il offre une forte aggrégation entre ses molécules, ainsi que cela se rencontre dans le plus grand nombre des mines d'étain, il faut employer la voie sèche pour l'unir avec les alcalis fixes purs.

56. L'oxide d'étain se combine avec les terres par la fusion, et il se vitrifie avec elles à l'aide d'un alcali fixe, de manière

cependant à former une composition opaque, qu'on nomme émail. La blancheur qu'a cet oxide bien pur et l'opacité qu'il communique en même temps au verre, le font employer comme base de l'émail; les chimistes ont pensé, à l'égard de cette composition, que l'oxide d'étain, n'éprouvant pas une véritable vitrification, se répandait uniformément entre les molécules du verre, en troublait la transparence et restait disséminé comme l'amidon dans l'empois.

57. La plupart des sels sont plus ou moins décomposables par l'étain en raison de sa forte attraction pour l'oxigène. Tous les sulfates chauffés avec ce métal sont plus ou moins promptement et facilement convertis en sulfures. En chauffant dans un creuset partie égale de sulfate de potasse et de ce métal, j'ai obtenu une masse fondue verdâtre, qui ne contenait plus rien de métallique, et qui était un véritable sulfure de potasse stannifère. Le même phénomène a lieu, comme on l'a vu, avec l'antimoine et le zinc, et annonce dans ces trois matières métalliques une forte tendance pour s'unir à l'oxigène et pour décomposer l'acide sulfurique. Glauber avait fait dans le siècle dernier cette observation sur le sulfate ammoniacal.

58. Les nitrates brûlent tous avec plus ou moins de force et de promptitude l'étain, à l'aide de la chaleur. On a coutume pour opérer cette combustion de faire fondre et rougir obscurément l'étain dans un creuset et de jeter dessus du nitre ou nitrate de potasse bien sec. Il s'élève au-dessus du creuset une flamme blanche et brillante. Quand la détonation est finie, quand il n'y a plus de flamme lors de la projection du nitre, l'étain est entièrement oxidé. On fait encore mieux cette oxidation en mêlant l'étain en limaille fine avec trois parties de nitre, et en projetant ce mélange dans un creuset rouge. Il reste après cette opération un oxide d'étain très-blanc, qui est en partie uni avec la potasse. En lessivant ce résidu l'eau enlève de l'alcali fixe combiné avec un peu d'oxide

qu'on peut en précipiter par un acide. On trouve aussi dans cette lessive un peu de nitrate d'ammoniaque formé par la décomposition simultanée de l'acide nitrique et de l'eau, et semblable au sel que Bayen a retiré du lavage de l'oxide d'étain fourni par l'acide nitrique. Geoffroy a observé que l'oxide gris d'étain détone avec le nitre : ce qui prouve que cet oxide n'est pas saturé d'oxigène, et qu'il est encore avide d'en absorber. C'est à cause de cela que cet oxide décompose le nitre dans une cornue et en dégage de l'acide nitreux, comme l'a vu Pelletier ; et qu'après cette décomposition l'oxide qui en résulte est susceptible de donner de l'or mussif avec le soufre, à cause de sa forte oxidation, tandis que cet oxide gris n'en fournit pas. On ne décompose point le nitrate de potasse par l'oxide blanc d'étain, qu'on nommait autrefois fleur d'étain, et qui est le produit de la complète oxidation ou de la déflagration de ce métal.

59. Quelques chimistes ont avancé que l'étain décomposait le muriate de soude ; mais ils n'ont point cité d'expériences exactes à l'appui de cette assertion. Au reste, il décompose très-bien le muriate ammoniacal en raison de la volatilité de sa base réunie à la forte action de l'acide muriatique sur ce métal. Bucquet a fait avec soin cette expérience. En distillant le muriate d'ammoniaque avec moitié de son poids d'étain en limaille dans une cornue de verre, il a obtenu beaucoup de gaz hidrogène, mêlé de gaz ammoniacal. Cette décomposition n'est jamais complète, parce que l'étain se fond et se rassemble en culot dans la cornue. Le résidu de cette opération est un muriate d'étain solide, décomposable par l'eau, et semblable à celui que donne la distillation du muriate de mercure corrosif et d'étain dont j'ai parlé plus haut.

60. C'est en décomposant le muriate d'ammoniaque par l'étain, et en ajoutant du soufre à cette décomposition, que l'on prépare l'oxide d'étain sulfuré doré ou l'or mussif. Depuis

Kunckel, qui a décrit le premier avec clarté, cette singulière opération et son plus singulier produit, on a suivi assez constamment son procédé, qui consiste à chauffer dans une cornue un mélange, à parties égales, d'étain, de mercure amalgamé à l'étain, de muriate d'ammoniaque et de soufre. Bullion a trouvé qu'on pouvait diminuer un peu la proportion du soufre, et encore plus celle du sel ammoniac. Pelletier, qui a répété le procédé de Bullion, a obtenu en effet un or mussif très-beau, en chauffant huit parties d'étain unies à huit parties de mercure, avec six parties de soufre et quatre parties de muriate d'ammoniaque. Cet habile chimiste a observé que dans cette opération il se dégageait du gaz hidrogène sulfuré, du sulfure d'ammoniaque, du muriate d'étain; que l'étain oxidé et uni au soufre constituait l'or mussif; qu'une portion de cette combinaison, formée par les matières en vapeur, se déposait en cristaux lamelleux hexangulaires à la voûte et dans le col de la cornue; que l'or mussif n'était point volatil par lui-même; qu'à un grand feu il se décomposait, donnait de l'acide sulfureux et repassait à l'état de sulfure d'étain; que l'on pouvait fabriquer ce produit en chauffant le sulfure d'étain avec parties égales de soufre et de sel ammoniac; qu'on l'obtenait encore avec parties égales de sulfure d'étain et de muriate suroxigéné de mercure chauffé; que ce composé contenait 0.60 d'oxide d'étain et 0.40 de soufre, tandis que dans le sulfure d'étain il n'y avait que 0.20 de soufre uni à 0.80 d'étain métallique; que chauffé avec du charbon l'oxide d'étain sulfuré se décomposait, donnait du gaz acide carbonique avec du gaz hidrogène sulfuré, et qu'il se réduisait à l'état de sulfure d'étain, en perdant ainsi du soufre et de l'oxigène; que cet or mussif n'était point changé et n'était qu'avivé dans sa couleur par l'acide muriatique, tandis que le sulfure d'étain était vivement attaqué par cet acide; enfin que, pour préparer ce composé brillant, on pouvait substituer avec avantage aux cornues qu'on avait

employées jusqu'à lui, un creuset rempli au tiers de sa hauteur du mélange dans les proportions indiquées par Bullion : à un pouce au dessus du mélange, il plaçait un couvercle de terre échancré, qui entrait dans le creuset ; il recouvrait ce vase d'un second couvercle luté ; il mettait ce creuset dans un autre plus grand, plein de sable ; il faisait chauffer cet appareil dans un fourneau, pendant huit à dix heures, en lui donnant la température nécessaire à la sublimation du muriate d'ammoniaque. Le creuset cassé offrait une partie de ce sel sublimé, et, sous une matière noirâtre, l'or mussif très-beau et en masse, d'une belle couleur d'or. Il annonçait que la matière noire pouvait servir à d'autres opérations successives.

Ce procédé, comme le remarque Pelletier, est beaucoup plus facile, et sur-tout beaucoup moins coûteux que l'ancien. Quatre parties d'étain employées donnent cinq parties d'oxide sulfuré de couleur d'or, qui sert, soit aux ornemens ou décorations, soit à frotter les coussins des machines électriques. Ces résultats importans du beau travail de Pelletier, réunis à plusieurs de ceux que j'ai exposés dans quelques-uns des numéros précédens, rendent l'histoire de l'or mussif complète. J'y ajoute seulement que ce composé n'est pas un simple oxide d'étain sulfuré ; mais qu'il contient de l'hidrogène, comme le prouvent toutes les expériences de ce chimiste : voilà pourquoi j'ai nommé plus haut l'or mussif *oxide d'étain hidrosulfuré.*

61. Les muriates suroxigénés alcalins, et sur-tout celui de potasse, le seul bien connu et employé jusqu'ici aux expériences, brûle, enflamme et oxide bien plus fortement l'étain que ne le font les nitrates. Trois parties de ce sel, mêlées à une partie d'étain en poussière fine, s'allument rapidement par le contact d'un corps combustible allumé. Il y a une flamme vive et subite dans cette combustion ; l'étain est réduit en vapeur comme par l'étincelle électrique, quand on fait

l'expérience dans l'air. Faite dans des vaissaux fermés, elle fournit un moyen d'avoir de l'oxide d'étain très-pur, et de connaître exactement la quantité d'oxigène qu'il contient, après le lavage du résidu; lavage qui n'emporte que le muriate de potasse sans enlever aucune parcelle de l'oxide. Quand on frappe sur un tas d'acier le mélange de muriate suroxigéné de potasse et d'étain, il fulmine avec un grand bruit et une large auréole lumineuse dans l'obscurité.

62. L'étain décompose un grand nombre de sels et de dissolutions métalliques, soit en précipitant les métaux sous leur forme brillante et métallique quand il leur enlève tout l'oxigène qu'ils contiennent, soit en les séparant en état d'oxides moins oxigénés qu'ils n'étaient; et dans ce dernier cas, ou bien il se précipite avec eux en union de doubles oxides, ou bien il prend leur place dans les acides d'où il les a séparés. Il produit par l'un ou l'autre de ces trois effets des phénomènes très-remarquables dont les chimistes tirent souvent un grand parti dans leurs analyses, et dont les arts profitent pour donner naissance à plusieurs produits utiles.

K. *Usages.*

63. Les usages de l'étain sont extrêmement multipliés, et l'on peut dire qu'il n'y a pas de métaux qui soient aussi importans et aussi utiles à la société que celui-ci. On en fait des vases de toutes les espèces, des moules pour un grand nombre d'arts. Il sert de doublure à des caisses et à des vaisseaux employés dans une foule de circonstances. On en fabrique des tuyaux d'orgues; il est la base de l'alliage sur les plaques duquel on grave la musique. On orne et l'on couvre avec lui des décorations très-brillantes : on l'applique sur un grand nombre de machines de physique, et sur-tout sur celles qui servent aux expériences électriques.

64. Ses alliages ne sont pas moins nécessaires aux besoins des peuples. Son amalgame est employée pour donner le tain

aux glaces et pour faire les miroirs. Il entre dans la soudure. On l'applique sur le cuivre pour étamer sa surface. Allié intimement avec ce dernier métal, il sert à couler des statues, des cloches, des canons, des médailles; il entre dans la composition des procédés de polytypage et de stéréotypage. Les potiers d'étain l'unissent au bismuth, à l'antimoine, au plomb, au cuivre, pour lui donner de la consistance, de la dureté, et pour en former des ustensiles de toute espèce, employés à un grand nombre d'usages divers. Il entre en général dans beaucoup d'alliages blancs, plus ou moins ductiles ou cassans, durs ou moux, fusibles ou réfractaires, etc.

65. Ses oxides, sous le nom de potées, servent à polir beaucoup de corps durs différens : on les fond avec l'oxide de plomb, le sable et les alcalis fixes, pour fabriquer l'émail, les couvertes de la faïence, de la porcelaine, les verres opaques, les fausses pierres précieuses demi-transparentes. Le muriate d'étain sert à préparer la belle couleur pourpre nommée *précipité de Cassius*, dont je parlerai à l'article de l'or : le muriate suroxigéné d'étain est un des ingrédiens et des mordans les plus précieux de la teinture, sous le nom de *composition*. Il n'est pas moins utile dans les peintures des toiles. Son emploi a fait faire d'immenses progrès à ces arts intéressans, et qui sont aujourd'hui comme des gages de la prospérité et de la richesse des nations policées. C'est à lui qu'on doit les brillantes nuances de l'écarlate, du ponceau, de la couleur de feu. On poussera beaucoup plus loin encore quelque jour ses propriétés avantageuses.

66. L'usage de l'étain dans la cuisine, dans la pharmacie, et dans tous les besoins de la vie, a été faussement regardé comme dangereux, d'après les expériences erronées de Geoffroy et de Margraff. Il est bien prouvé, comme je l'ai fait voir, qu'il ne contient point l'arsenic que ces chimistes y admettaient, et sur la présence duquel ils se sont singulièrement trompés, ainsi qu'il résulte des recherches concluantes de Bayen. Il

n'est plus permis de conserver sur ce point les craintes illusoires, et d'écouter les déclamations mensongères qu'on a tant de fois répétées, depuis cinquante ans, sur ce métal. Schultz, dans sa Dissertation très-bien faite sur l'usage des vaisseaux de métal dans la préparation des alimens et des médicamens, avait déja vengé en quelque sorte l'étain des absurdes calomnies dont on l'avait chargé, et les expériences du chimiste français que j'ai cité ont ajouté aux raisonnemens et aux assertions de Schultz une force et une autorité que rien ne pourra plus affaiblir désormais.

Aussi, malgré l'anathême que quelques hommes trompés par leurs fausses tentatives avoient lancé contre ce métal, plusieurs médecins l'avaient proposé et employé même avec succès dans les maladies du foie, de la matrice et dans les affections vermineuses. La Poterie en avait préparé son antihectique, qui, pendant plusieurs années, a eu une assez grande vogue, et qui n'était qu'une lessive des oxides d'antimoine et d'étain formés par la détonation avec le nitrate de potasse, c'est-à-dire, une dissolution de potasse tenant une portion de ces oxides. Les gens de la campagne ont souvent coutume de laisser séjourner, pendant vingt-quatre heures, du vin sucré dans un vaisseau d'étain, et de donner un verre de cette liqueur à leurs enfans attaqués de vers. Navier a vu une fille de seize ans rendre trente vers strongles, par l'effet de ce remède. A Edimbourg et en Angleterre, on emploie, dans les maladies vermineuses, la poussière d'étain, faite en broyant dans un mortier ce métal fondu, en l'empêchant ainsi de se prendre en une seule masse, et en le passant ensuite par un tamis serré. Dans ce pays, l'étain est un remède très-commun dont on vante beaucoup les effets.

ARTICLE XVII.

Du plomb.

A. *Histoire.*

1. Il en est du plomb comme de l'étain ; c'est une des matières métalliques que les hommes ont le plutôt connues, et qui semblent dater des premiers temps de leur civilisation. L'époque même de son premier usage se perd dans la nuit des premiers âges, et les plus anciens auteurs en parlent comme d'un métal déja employé depuis un temps immémorial. La tradition, même chez les peuples les plus reculés, n'apprenait rien, à ce qu'il paraît, sur l'origine de la découverte du plomb. Pline en parle sous le nom de plomb noir ; et quoiqu'il n'en ait connu qu'une bien faible partie des propriétés, il l'a bien distingué de l'étain, et il a remarqué qu'on falsifiait déja celui-ci avec le premier. On sera moins étonné de l'antiquité des usages du plomb que de celle de la découverte de l'étain, si l'on compare l'abondance des mines du premier et la facilité de leur traitement avec la rareté et la difficulté d'exploitation de celles du second.

2. Dans l'alchimie, on a comparé le plomb à Saturne, non-seulement parce qu'on a cru ce métal comme le plus vieux et le père des autres ; mais encore parce qu'on le regardait comme très-froid ; parce qu'on lui attribuait la propriété d'absorber et de détruire en apparence presque tous les métaux, comme la fable disait que Saturne, le père des dieux, avait mangé ses enfans. Le signe du plomb, le même que celui de la planète Saturne, représenté autrefois par un croissant placé au bas et à droite, et surmonté à gauche par la croix, image de la qualité rougeante et acide, signifiait, suivant les alchimistes, qu'avec certaines analogies cachées avec l'argent, il

était presque tout entier corrosif ; ce qui prouvait, d'après eux, son action délétère et comme narcotique sur l'économie animale. C'est un des métaux que les alchimistes ont le plus tourmentés à leur manière, et sur lequel ils ont fourni le plus de procédés et d'expériences à l'alchimie. Ils ont eu la prétention de le convertir en argent, et même encore c'est un de ceux sur lesquels, à les entendre, leur *poudre de projection* avait le plus d'effet.

3. Aux travaux singuliers et malheureux des alchimistes sur le plomb, ont succédé ceux des chimistes pharmacologistes, qui se sont proposé le but non moins chimérique, mais au moins plus utile et plus philosophique, d'enchaîner les fâcheuses propriétés de ce métal, et de le rendre avantageux à l'art de guérir. Leurs efforts, sans être entièrement infructueux, n'ont point eu le succès qu'ils cherchaient à obtenir. Les préparations de plomb, de quelque manière qu'elles soient faites, ne perdent point leur propriété engourdissante et paralysante ; on n'en a jamais pu tirer un parti avantageux que comme topique : encore leur administration exige-t-elle une grande prudence, et ne doit-elle être confiée qu'à des hommes très-éclairés. Mais, tout en cherchant à mitiger l'âcreté du plomb, les premiers chimistes qui s'en sont occupés sous le point de vue pharmaceutique lui ont reconnu beaucoup de propriétés, et ont contribué en grande partie à son histoire chimique et philosophique.

4. C'est de ces divers travaux préliminaires qu'ont profité les auteurs d'ouvrages systématiques de chimie, pour déterminer les propriétés spéciales et caractéristiques du plomb. Chacun de ces auteurs, de ceux sur-tout qui ont rédigé leurs traités d'après les démonstrations expérimentales qu'ils ont faites sur la science, et l'on conçoit bien que ce sont les seuls qui ont pu en embrasser l'ensemble autant que les détails, a enrichi l'histoire du plomb de quelques découvertes ou de quelques séries de recherches ou d'essais qui lui sont

propres. Ainsi l'on voit peu à peu les détails de procédés, d'expériences, de résultats, s'augmenter sur le plomb dans les ouvrages successifs de Barner, Bohnius, Stahl, Boerhaave, Juncker, Shaw, Macquer, Wallerius, Spielman, Carthenser, Baumé, et sur-tout dans les traités plus modernes de Wasserberg et de Gren, qui, aux expériences de leurs prédécesseurs, ont ajouté leurs propres expériences.

5. Les minéralogistes, les docimastiques et les métallurgistes, de leur côté, ont également concouru à compléter l'histoire des propriétés chimiques du plomb. C'est même à cet égard un des métaux qui a été le mieux étudié, et qui est aussi le mieux connu, sous le rapport de ses essais et de son exploitation. Quoiqu'il n'ait pas eu plus que l'étain, au moins considéré chimiquement, d'historien particulier et monographe, on trouve dans la bibliographie chimique un grand nombre de dissertations sur quelques-unes de ses propriétés ou de ses combinaisons, ou sur quelques parties de ses usages si multipliés et si importans. On s'est spécialement occupé de ses essais, de ses dissolutions, de ses oxides et de ses alliages avec d'autres métaux considérés sur-tout du côté des arts.

6. La doctrine pneumatique a donné beaucoup de développemens et de clarté dans la connaissance des propriétés du plomb. C'est sur ce métal que les physiciens ont porté les premiers regards, relativement à l'augmentation de poids de son oxide, et cherché la cause de son augmentation, la différence des divers oxides qu'il fournit, la théorie de leur réduction à l'aide du carbone, l'action des acides sur ce métal, la manière dont il est altéré par les sels, les caractères et la composition de ses mines, et sur-tout des divers sels natifs qui en font partie. Les effets de ces oxides sur quelques substances salines ont été la source de plusieurs découvertes modernes, qui, en ajoutant à l'exactitude de son histoire particulière, ont aussi concouru à fortifier et à confirmer les

bases de la doctrine pneumatique. C'est sur-tout aux dernières recherches de M. Proust, professeur de chimie à Ségovie, et du citoyen Vauquelin, sur les divers oxides de plomb et sur leur action dans la décomposition des sels, qu'est due la clarté nouvelle relative aux propriétés chimiques de ce métal.

B. *Propriétés physiques.*

7. Le plomb qu'on regardait, il y a quelques années encore, comme un métal vil, ignoble, imparfait, est d'une couleur grise, peu brillante ou sombre, qui a une teinte très-sensible de bleu. Il ne ressemble à aucune autre substance métallique par cette propriété; sa couleur est livide et comme triste; elle semble annoncer ses qualités dangereuses; et au lieu d'attirer l'œil comme celle des autres métaux, elle déplaît et repousse en quelque sorte, en faisant naître l'idée d'un être malfaisant.

8. La pesanteur du plomb est assez considérable: comparée à celle des autres métaux, il tient le cinquième rang par cette propriété; il est placé entre le mercure plus lourd et l'argent un peu plus léger que lui. Elle est exprimée par le nombre 11.352, l'eau étant 1.000. Il est le moins ductile et le moins sonore des métaux du quatrième genre; il est facile à laminer, et il s'aplatit promptement sous le marteau; il s'écrouit peu. Sa mollesse est assez grande pour qu'on puisse le rayer avec l'ongle, le couper au couteau, le plier en toute sorte de sens. Sa ténacité est la plus faible que l'on connaisse parmi les métaux. Un fil de plomb d'un dixième de pouce de diamètre ne soutient qu'un poids de $29\frac{1}{4}$ livres avant de se rompre.

9. Le plomb est très-bon conducteur du calorique, sans être extrêmement dilatable. Il se fond à une chaleur faible et immédiatement après le mercure, l'étain et le bismuth; il tient le quatrième rang dans l'ordre de la fusibilité. Le

citoyen Guyton l'estime à 250 degrés du thermomètre de Réaumur. Quand on le tient long-temps fondu et rouge, il se sublime et fume dans l'air ; mais il exige pour cela une haute température. Si on le fait refroidir lentement, il se cristallise en pyramides quadrangulaires, toutes formées, à ce qu'il paraît, d'octaèdres. C'est ainsi que Mongez le jeune l'a obtenu le premier. On remarque, quand on fait cette opération, qu'elle réussit mieux, comme dans l'étain, en faisant fondre plusieurs fois de suite le plomb.

10. Ce métal est conducteur de l'électricité et du galvanisme ; mais il paraît qu'il ne jouit de l'une et de l'autre de ces propriétés que dans un degré très-faible. Il a une odeur particulière et un peu fétide ; il a aussi une saveur un peu âcre et désagréable : c'est en raison de cette dernière qu'il agit, à ce qu'il paraît, sur l'économie animale, et qu'il y produit cette action assoupissante et paralysante qu'on lui connaît.

C. *Histoire naturelle.*

11. Le plomb est un des métaux dont les mines sont les plus abondantes dans la nature ; il y en a beaucoup en France, en Allemagne, en Angleterre, etc. C'est aussi un de ceux dont les mines sont les plus variées. Les minéralogistes en ont décrit pour la plupart un grand nombre d'espèces ; mais aussi la plupart d'entre eux ont fait ou de doubles emplois de mines appartenans à d'autres métaux, ou ils ont pris des variétés pour des espèces, et multiplié ainsi les êtres sans nécessité. C'est ainsi qu'ils ont distingué dans les sulfures de plomb autant d'espèces qu'il y a de métaux différens combinés avec le soufre, conjointement avec le plomb ; et cependant, tandis qu'ils multipliaient ainsi les espèces d'après des propriétés qui ne devaient donner que des variétés, la science faisait des progrès réels dans la découverte de nouvelles mines de plomb bien plus différentes

des premières espèces connues que quelques-unes de celles-ci ne l'étaient réellement entre elles. De là les lacunes qu'on trouve dans tous les auteurs systématiques de minéralogie. Bergman, par exemple, ne distinguait encore, en 1780, que trois mines de plomb; savoir, le sulfure, le carbonate et le phosphate.

12. Quoique l'existence du plomb natif à l'état métallique ait été admise par Wallerius et Linné; quoique Henckel en ait fait mention avant eux dans sa Pyritologie; quoique Genssane, dans son Histoire naturelle du Languedoc, dise en avoir trouvé dans le Vivarais, et que Kirwan ajoute à ces premières autorités celle de la découverte du même métal natif dans le pays de Montmouth en Angleterre, la plupart des minéralogistes, Cronstedt, Justi, Monnet, et sur-tout le citoyen Haüy, ne comptent point ce métal natif parmi les espèces de mines de plomb. Le citoyen Guyton, dans la note qu'il a donnée sur cet article de la docimasie humide de Bergman, fait observer que le plomb trouvé par Genssane dans le Vivarais, était en grains disséminés dans de l'oxide, et même dans une scorie vitreuse : ce qui prouve évidemment, suivant lui, qu'il provenait d'une mine réduite par le feu, d'un incendie de forêt. Cette idée n'a point été détruite chez lui par la vue d'un échantillon de ce plomb même, pris sur les lieux par le citoyen Grossard-Virly. Il pense de même de celui du pays de Montmouth, décrit dans les Transactions philosophiques de 1772.

13. On n'a pas trouvé non plus de véritables alliages du plomb avec quelques autres métaux dans la nature. C'est encore également un problème que l'existence d'un oxide de plomb pur dans les mines. Ainsi trois des cinq états que j'ai indiqués en général dans l'Histoire naturelle des métaux, sont nuls par rapport au plomb; on ne le trouve dans la terre qu'à l'état de métal combiné avec le soufre, et en oxide uni à des acides, sous la forme de sels de plomb. Ce dernier

état même, quoique moins abondant que le premier, est le plus fréquent et le plus varié des mines de plomb. Je reconnais donc sept espèces bien distinctes de mines de plomb ; 1°. le sulfure, 2°. le sulfate, 3°. le phosphate, 4°. l'arsenite, 5°. le molybdate, 6°. le chromate, 7°. le carbonate. Je vais indiquer les principaux caractères de chacune de ces mines.

14. Le sulfure de plomb natif est une mine très-reconnoissable par sa couleur grise très-brillante et spéculaire, son tissu lamelleux, sa forme cubique, sa fragilité. On le nommait autrefois *galène ;* il est très-abondant et en filons continus dans la nature. On le trouve en cubes isolés ou groupés, en octaèdres également isolés, et provenant du décroissement des petites molécules cubiques sur tous les bords et sur les angles tout à la fois, en lames très-larges, en lames étroites, en tissu comme grenu, en prismes hexaèdres, ou en colonnes qui paraissent être du plomb salin passé à l'état de sulfure. Il n'y a pas un seul morceau, une seule variété de sulfure de plomb qui ne contienne de l'argent ; quelquefois même les mineurs rapportent aux mines d'argent les sulfures de plomb qui sont très-chargés de ce métal précieux. Telle est sur-tout celle que M. de Born a nommée, dans son Catalogue minéralogique, mine d'argent grise ou blanche ; le weissgittig des Saxons, dans laquelle M. Klaproth a trouvé 0.40 de plomb, 0.20 d'argent, 0.12 de soufre, 0.08 d'antimoine, 0.02 de fer, 0.07 d'alumine et un peu de silice, mine très-compliquée, comme on voit, dans sa composition, et dont vraisemblablement beaucoup d'autres variétés de sulfure de plomb analysé avec le même soin, présenteront de nouveaux exemples. On observe, en général, que les variétés de cette mine à très-petites facettes ou à tissu grenu, sont plus chargées d'argent que les autres. Celles qu'on trouve désignées comme espèces particulières dans plusieurs minéralogistes, par les noms *de galène martiale*, *galène antimoniale*, ne doivent donc être regardées que comme des

variétés qui ne diffèrent que par les proportions de leurs principes, ou l'addition de quelques métaux au sulfure de plomb. Encore, en examinant quelque jour avec plus d'attention les mines, pourrait-on bien reconnaître que le fer, et sur-tout l'antimoine, ne sont qu'interposés entre les propres molécules du sulfure de plomb, dont l'abondance et la prédominance doivent d'ailleurs les faire ranger parmi celles de ce dernier métal.

Le sulfure de plomb est la plus fréquente et la plus abondante des mines de ce métal. On le trouve en masses et en couches considérables à plus ou moins de profondeur, souvent placé entre deux lisières de quartz noirâtre, chargé lui-même d'argent, suivant l'observation du citoyen Dolomieu. C'est cette mine qu'on exploite le plus souvent pour en extraire le plomb. Le citoyen Monnet a vu du sulfure de plomb s'effleurir, se brûler à l'air, et se convertir en sulfate de plomb.

15. Le même minéralogiste a le premier trouvé du sulfure de plomb natif, en masse blanche dissoluble dans 18 fois son poids d'eau, ou noirâtre, strié, friable, en stalactites. Le docteur Withering l'a reconnu depuis dans l'isle d'Anglesey en octaèdres réguliers d'un petit volume. Il est de couleur jaune, uni au fer et mêlé d'argile. Le citoyen Monnet l'avait dit réductible par le charbon, et provenant de l'efflorescence et de la sulfatisation spontanée de certains sulfures ou *pyrites* de plomb friables ; celui dont a parlé M. Withering n'est réductible ni au chalumeau ni par le charbon.

16. M. Gahn, chimiste et médecin suédois, élève de Bergman, a découvert le premier le phosphate de plomb verdâtre du Brisgaw. M. Tenant a confirmé la découverte de Gahn. M. Klaproth a trouvé dans le plomb de Brisgaw près de 0.19 d'acide phosphorique et 0.73 de plomb. Le citoyen Gillet Laumont ayant obtenu des cristaux de plomb jaunâtre nommé plomb spathique d'Huelgoët, traité au chalumeau, un bouton irréductible, et ayant observé dans les fourneaux où l'on

traite cette mine une flamme jaunâtre voltigeante, soupçonnant que ce plomb spathique pourrait bien être un phosphate, entreprit son examen chimique, et trouva, en le traitant avec l'acide nitrique, le moyen d'en séparer l'acide phosphorique. Ce phosphate de plomb est en gros canons ou prismes hexaèdres réguliers, jaunâtres ou rougeâtres; il a donné par la dissection au citoyen Haüy un dodécaèdre en triangles isocèles avec le prisme compris entre les deux pyramides. En le fondant au chalumeau il cristallise en polyèdre régulier dans son refroidissement. Depuis les premières découvertes on a trouvé beaucoup de variétés de cet oxide de plomb saturé d'acide phosphorique. On en connaît aujourd'hui de blancs transparens, de blancs et de gris opaques, de jaunes, de verts jaunâtres, et de bruns. Je l'ai trouvé en mammelons verts dans une mine de Pontgibaud, département du Mont-d'Or, contenant de l'arseniate mêlé au phosphate de plomb. Son abondance me paraît telle qu'on pourrait en extraire facilement, et à peu de frais, le phosphore dans les lieux où elle existe.

17. L'arsenic de plomb ou plomb arsenite a été découvert dernièrement (hiver de l'an 8) par le citoyen Champeaux, ingénieur des mines; il est, ou en filamens soyeux, d'un beau jaune, amianthiformes, légèrement flexibles, très-faciles à briser; ou en concrétions minces sur du quartz ou fluate de chaux. Celles-ci sont d'un jaune moins décidé que les filamens, souvent verdâtres, compactes, d'un aspect gras et d'une cassure vitreuse. L'arsenite de plomb a été trouvé dans une montagne près Saint-Prix, département de Saone-et-Loire. Il se réduit facilement au chalumeau, en exhalant promptement une forte vapeur arsenicale. Sa réduction est accompagnée d'une effervescence qui annonce que l'arsenic y est à l'état d'oxide. Les citoyens Vauquelin et Lelièvre ont reconnu cette mine pour de l'arsenite de plomb.

18. Le molybdate de plomb a été découvert par M. Klaproth dans la mine de plomb jaune de Bleyberg. On le

nomme, dans les cabinets, plomb jaune. C'est M. Wulfen qui l'a décrit pour la première fois en 1785. M. Heyer croyait y avoir trouvé l'acide tunstique ; mais la présence de l'acide molybdique, annoncée par M. Klaproth, a été confirmée par une belle analyse qui en a été faite par les citoyens Vauquelin et Macquart, et qui est insérée dans le Journal des mines, n°. 17, p. 23. Ce sel natif varie dans sa couleur depuis le jaune pâle jusqu'au jaune orangé. Il a une cassure demi-transparente et lamelleuse ; il est cristallisé en lames rectangulaires, carrées, terminées quelquefois par des biseaux : elle pèse 5.486. Tous les acides puissans le décomposent ; les alcalis caustiques le dissolvent sans altération ; il est réductible par le charbon. D'après l'analyse des chimistes français cités, il contient 64 d'oxide de plomb, dans lequel il y a 5 parties d'oxigène sur 59 de plomb, 0.28 d'acide molybdique, 0.04 de carbonate de chaux et 0.04 de silice.

19. Le chromate de plomb est une nouvelle substance découverte en vendémiaire, l'an 6 (9ctobre 1797), par le citoyen Vauquelin, et formé de l'acide métallique du chrome, dont j'ai indiqué les propriétés dans l'article 5 de cette section. Ce sel nouveau était connu auparavant sous le nom de *plomb rouge* de Sibérie. Comme j'ai fait l'histoire de cette découverte dans celle du chrome, je n'ai plus à indiquer que les propriétés caractéristiques du chromate de plomb natif. Ce minéral est d'un rouge ponceau clair ; sa poussière est jaune-orangée. Il a une forme de prismes rhomboïdaux, striés, et terminés par des sommets mal prononcés subtétraèdres : il est très-fragile. Les alcalis fixes purs le dissolvent sans le décomposer. Les carbonates alcalins le décomposent au contraire très-facilement par la voie humide, et forment du carbonate de plomb qui reste indissoluble, et du chromate de potasse ou de soude qui est dissoluble, et d'une couleur jaune un peu orangée. Il colore en vert les flux de borate et de phosphate de soude, avec lesquels on le fond au chalumeau ; il est décomposé par

l'acide muriatique, qui donne du muriate de plomb en cristaux, et de l'acide chromique dissous dans l'eau, avec la couleur orangée. L'acide sulfurique le décompose aussi ; mais il est difficile d'en séparer l'acide chromique. L'acide nitrique le dissout à chaud sans le décomposer, et le laisse précipiter en refroidissant. 100 parties de ce chromate de plomb contiennent, d'après l'analyse du citoyen Vauquelin, à très-peu près 65.12 d'oxide de plomb et 34.88 d'acide chromique. Le citoyen Vauquelin a trouvé, à côté des cristaux de plomb rouge, d'autres cristaux verts qui sont une combinaison d'oxide de plomb et de chrome à l'état d'oxide vert. Lehman et Mongez croyaient que le plomb rouge était minéralisé par l'acide arsenique.

20. La septième et dernière espèce de mine de plomb que je distingue, est le carbonate de plomb ; je le range le dernier dans l'ordre de ses sels natifs, parce que l'acide carbonique est celui qui y tient le plus faiblement. Le carbonate de plomb, très-facile à reconnaître parmi les autres mines de ce métal, par sa dissolubilité dans l'acide nitrique, accompagnée d'une effervescence très-marquée et de dégagement d'acide carbonique, par sa prompte réduction sur les charbons, était nommé autrefois *plomb spathique*, *plomb blanc*, parce qu'il a souvent cette couleur, et parce qu'il a le tissu lamelleux, et le chatoyant des lames qui caractérisent ce qu'on désignait autrefois sous le nom beaucoup trop général de *spath* en minéralogie : il est très-varié dans sa forme et dans sa couleur. Les lois de sa structure n'ont pas pu encore être déterminées par les travaux du citoyen Haüy. A l'aide de la dissection, il a eu pour résultat des coupes parallèles aux faces d'un dodécaèdre formé de deux pyramides droites, réunies base à base, d'autres coupes parallèles aux pans d'un prisme hexaèdre régulier, compris entre deux pyramides : c'est ce qu'il a obtenu de la cristallotomie du carbonate de plomb de Sibérie ; tandis que celui de plusieurs autres lieux lui ont

donné pour résultat de leur division mécanique des octaèdres : on trouve quelquefois cette dernière forme pour forme secondaire ; souvent celle-ci est le prisme hexaèdre, avec des sections ou des facettes diverses aux bords des bases. Rarement le prisme est terminé par des pyramides hexaèdres. Le plus ordinairement le carbonate de plomb est en aiguilles fines et brillantes, en espèces de canons striés irréguliers, cannelés et canaliculés dans leur intérieur, en stalactites, en incrustations. On en trouve qui passe à l'état de sulfure de plomb dans une portion de ses couches. La couleur n'est pas moins variée dans cette espèce. Il y a des morceaux transparens comme du verre ; souvent ils ont une demi-transparence seulement, et quelquefois une opacité et une blancheur mattes : il en est de jaunâtres, de verdâtres et de verts foncés. Ces derniers sont souvent en prismes hexaèdres plus ou moins gros, très-réguliers, semblables par la forme à des émeraudes. J'en ai rencontré qui contenaient du phosphate, sans doute mélangé simplement avec le carbonate de plomb. Pelletier a indiqué dans la couleur noire qu'ils prennent subitement par le contact du sulfure d'ammoniaque et de sa vapeur, lorsqu'on les a réduits en poussière, un caractère propre à les faire reconnaître et à les distinguer du sulfate de barite, avec lequel on les confond quelquefois à cause de leur forme. Le carbonate de plomb est très-répandu dans les mines de ce métal ; il ne doit cependant être regardé, ainsi que tous les sels précédens, que comme une mine secondaire, formée par l'altération du sulfure de plomb, et transportée par l'eau qui lui a donné sa forme cristalline. On le trouve spécialement en Sibérie, en Saxe, en Brisgaw, en Styrie, en Carinthie, en Angleterre, et sur-tout en France, à Poullaouën, au Huelgoët, à Sainte-Marie-aux-mines, etc.

D. *Essais et travaux métallurgiques.*

21. L'essai des mines de plomb est un des plus simples et des plus faciles qui existent; mais comme on a dans cette opération le double but de connaître, et le plomb qui y est contenu, et l'argent que la mine recèle presque toujours, à cause du prix et de l'importance de celui-ci : dans cette intention, après avoir pilé et lavé, ou bien trié une certaine quantité de la mine, on la grille dans un têt couvert, pour éviter la perte que sa décrépitation pourrait faire naître. Ordinairement le sulfure de plomb perd peu par le grillage. On détermine au reste ce qui s'en est volatilisé en le pesant exactement après cette opération, et en comparant son poids à celui qu'elle avait auparavant; on la fond ensuite avec deux fois son poids de flux noir ou de borax, mêlé d'un peu de charbon, et un peu de muriate de soude décrépité. L'alcali ou flux absorbe le soufre; le carbone réduit la portion oxidée du métal; le sel marin, en recouvrant toute la matière, s'oppose à l'évaporation. Après la fonte on pèse le culot de plomb qui occupe le fond du creuset brasqué. Quand on en a pris exactement le poids, on le place sur une coupelle ou petit vase creux, formé avec des os calcinés; on le chauffe sous une mouffle assez fortement pour sublimer, oxider et vitrifier le plomb, qui, dans ce dernier état, passe à travers les pores de la coupelle, et laisse son bassin ou sa cavité très-nette. L'argent que contient le plomb, et qui n'est ni volatil, ni oxidable, ni vitrifiable comme lui, reste sur ce vaisseau en un petit bouton métallique rond, brillant et pur, que l'on pèse avec des balances très-exactes.

22. L'essai, tel qu'il vient d'être décrit, est fort éloigné d'une opération exacte, quoique presque toujours il suffise pour acquérir les premières notions qu'on desire sur les mines de plomb, et quoique ce soit presque toujours d'après les résul-

tats qu'il fournit qu'on se conduit dans leur traitement en grand, ou qu'on entreprend leur exploitation; il est nécessaire d'en connaître les défauts, puisqu'il est d'ailleurs assez facile d'y substituer une analyse plus exacte et plus sûre. Les chimistes regardent cette opération comme infidèle, parce que l'alcali qu'on a coutume d'y employer comme fondant, forme avec le soufre ou la mine un sulfure qui dissout une portion de l'oxide de plomb, et qui prive ainsi celui qui opère d'une partie du métal qu'il devrait obtenir. L'inconvénient est moins grand avec le borax, que j'ai recommandé; mais il y a toujours celui de pratiquer l'essai avec une substance chère, qui n'a nul rapport avec les matières qui peuvent être employées en grand, et qui peut donner des idées fausses sur le produit obtenu: aussi doit-on préférer à cet essai incorrect par la fusion et la voie sèche, l'analyse des mines de plomb par la voie humide.

23. Bergman a donné, dans sa Dissertation sur la docimasie humide, des procédés simples autant qu'exacts pour bien analyser et bien connaître les différentes espèces de mines de plomb. S'il se trouve natif, il ne s'agit que de constater sa pureté, ou la nature et la proportion de ses alliages. Pour cela, il conseille de le dissoudre dans l'acide nitrique. Si le dissolvant prend une couleur verte, cela y indique la présence du cuivre: alors on emploie le fer, qui précipite celui-ci sous forme métallique, pour en déterminer la quantité. Les sulfures de plomb doivent être traités par le même acide nitrique, qui oxide et dissout leur portion métallique et en sépare le soufre: celui-ci est recueilli sur un filtre bien lavé, séché et pesé. On précipite l'oxide de plomb par le carbonate de soude, et 132 parties de ce précipité en indiquent ou en contiennent 100 de plomb. Si le précipité est mêlé d'oxide d'argent, l'ammoniaque sert à dissoudre celui-ci sans toucher au carbonate de plomb. 129 parties de ce carbonate d'argent répondent à 100 parties de ce métal. Il faut noter ici qu'il est

souvent très-difficile de séparer ainsi l'argent d'avec le plomb, à cause de sa très-petite quantité, et que si l'on veut connaître la proportion de ce métal précieux, il est indispensable d'avoir recours à la voie sèche, à la réduction et à la coupellation du plomb.

On peut employer l'acide muriatique au lieu du nitrique pour traiter les sulfures de plomb. Le muriate de plomb se dépose en cristaux qu'on dissout dans l'eau distillée pour les isoler du soufre, et pour en précipiter le plomb par le carbonate de soude. Si le sulfure contient de l'antimoine, ce métal reste en oxide blanc au fond de l'acide nitrique, et on le précipite par l'eau pure, de la dissolution muriatique. Quoiqu'il soit rare, suivant la remarque de Bergman, qu'il existe du fer dans les sulfures de plomb, s'il s'y en trouve, on sépare d'abord le plomb et l'argent dissous dans l'acide nitrique par le fer; et en tenant compte de la quantité de ce dernier employée pour cette précipitation, on reconnaît la proportion de celui qui existait dans le sulfure, en le précipitant par un prussiate alcalin. Bergman avertit encore, s'il y a un peu de gangue dans la mine de plomb qu'on analyse, que cette gangue est ou indissoluble comme de la silice, et alors elle reste sans altération au fond du dissolvant; ou dissoluble, et alors il faut traiter la mine d'abord par l'acide acéteux, qui dissout la matière calcaire lorsqu'elle existe. On trouve dans l'analyse des sulfures par la voie humide une proportion de plomb toujours plus grande, quelquefois même de plus d'un quart que celle que l'on obtient par la fusion avec les flux : nouvelle preuve que les alcalis dissolvent et emportent une partie du plomb.

24. Quant aux carbonates et aux phosphates de plomb, Bergman se contente d'indiquer la dissolubilité des premiers par l'acide nitrique, et le traitement des seconds par le même acide qui les dissout, la précipitation de l'oxide de plomb par l'acide sulfurique et l'évaporation de la liqueur surnageante

qui laisse pour résidu l'acide phosphorique. J'ajouterai à ces généralités, qu'on peut apprécier la quantité d'acide carbonique contenu dans un carbonate de plomb, soit en le distillant dans une cornue de grès avec l'appareil pneumato-chimique, soit en recueillant cet acide dans un appareil convenable, à mesure qu'on dissout la mine par l'acide nitrique ou par l'acide muriatique. Les phosphates peuvent être traités dans une cornue de terre, après les avoir mêlés avec le cinquième ou le sixième de leur poids de charbon en poudre fine. On en obtient alors de l'acide carbonique et du phosphore; il reste du plomb métallique dans la cornue. J'ai déja indiqué ce procédé comme pouvant être pratiqué en grand avec avantage dans les lieux où les phosphates de plomb se trouvent. J'ajouterai ici que cet établissement serait peu coûteux pour les professeurs des mines, et qu'il mettrait dans le commerce, à un bas prix, du phosphore qui se perd actuellement dans le traitement de ces mines, et qui n'est encore peu employé et peu utile que parce que, rare encore et cher, on a peu d'habitude de le traiter, de s'en servir et de l'approprier en quelque sorte aux besoins des arts ou de la vie.

25. Bergman n'a rien dit du molybdate de plomb, parce qu'il n'avait encore été ni décrit ni connu à l'époque où il a écrit sa Dissertation sur la docimasie humide. M. Klaproth a donné des procédés fort simples pour analyser cette mine: l'acide muriatique décompose le molybdate, lui enlève l'oxide de plomb, et en sépare l'acide molybdique sous la forme d'une poudre blanche: celle-ci, chauffée à la flamme intérieure du chalumeau, prend une couleur bleue qui le fait facilement et promptement reconnaître; il la prend aussi par le contact de l'acide sulfurique chaud. On en apprécie la quantité lorsqu'en dissolvant le molybdate dans un acide, l'oxide de plomb reste en dissolution, et l'acide molybdique s'en sépare en poudre blanche que l'on lave et que l'on pèse. Le chromate, si reconnaissable par sa couleur rouge ponceau lorsqu'il est

en masse solide, et par son jaune orangé quand il est en poudre, est très-exactement analysé d'après les expériences du citoyen Vauquelin, qui l'a découvert par le carbonate de potasse ou de soude : il reste du carbonate de plomb en poudre blanche dont on connaît les proportions des principes, et la dissolution de chromate alcalin qui le surnage est ensuite précipitée, et donne facilement la quantité d'acide chromique par l'acide muriatique. Le sulfate de plomb est aisément analysé et décomposé en le chauffant dans un appareil clos avec du charbon ; il donne de l'acide sulfureux, du gaz hidrogène sulfuré et du plomb réduit. On voit, d'après cela, qu'il ne reste plus rien à desirer sur l'analyse des mines de plomb.

26. Le traitement des mines de plomb en grand est un des plus importans travaux métallurgiques qui existent, et un de ceux qui ont le plus grand comme le plus intime rapport avec les connaissances et les procédés chimiques exacts. A Pompéan, pour exploiter la mine sulfureuse de plomb tenant argent, on la pile au bocard, on la lave avec soin sur des tables, on la porte au fourneau à manche, où on la grille d'abord à l'aide d'un feu doux; on la fond ensuite en augmentant la chaleur. On extrait le plomb fondu du fourneau en ouvrant un trou pratiqué sur l'un des côtés de son aire, et qu'on a d'abord tenu bouché pendant la fonte, avec de la terre glaise. Par le coulage, le plomb est moulé en premiers saumons, qu'on nomme *plomb-d'œuvre*, parce qu'il est destiné à de nouvelles opérations pour en séparer l'argent qu'il contient. Cette dernière partie, la plus importante du travail, s'exécute en général de la manière suivante. On transporte le plomb-d'œuvre dans un fourneau différent du premier, dont le fond ou l'aire est couverte de cendres bien lessivées, tamisées et battues. A l'un des côtés de cette aire sont reçues les tuyères de deux gros soufflets placés au dehors du fourneau, mus par l'eau, et vis-à-vis de ces tuyères, à la paroi opposée du fourneau, sont pratiquées deux rigoles nommées *voie de*

la litharge. Le plomb chauffé et fondu s'oxide à sa surface, sur-tout à l'aide de l'air abondant et comprimé que les soufflets y versent; une partie de cet oxide s'évapore par de petites cheminées ouvertes au dessus des voies de la litharge; une autre portion est absorbée par le sol pulvérulent du fourneau; mais la quantité la plus considérable de cet oxide, fortement brûlée et vitrifiée, puis refroidie et condensée par l'air froid qui la frappe immédiatement, est chassée par le mouvement qu'il lui communique vers les voies ouvertes vis-à-vis les tuyères. C'est cette dernière partie qu'on nomme litharge; elle est ou en petites écailles rougeâtres, brillantes vitrifiées, et alors on l'appelle *litharge marchande*, parce qu'elle est préférée dans le commerce, ou *litharge d'or*, *chrysitis*, à cause de sa couleur. La partie qui a éprouvé une plus grande chaleur, qui est plus avancée dans sa vitrification, et dont la couleur est d'un jaune pâle, est désignée sous le nom de *litharge d'argent*, *argyritis*; enfin, au moment où le fourneau chauffe le plus fortement, cet oxide se fond plus complétement et coule sous la forme de gouttes ou de stalactites : c'est la *litharge fraîche.* Quand tout le plomb est ainsi oxidé et vitrifié, l'argent reste seul et pur au fond du fourneau. Il a besoin, comme je le dirai dans l'histoire de ce métal précieux, d'être affiné, pour en extraire un peu de plomb qu'il retient encore entre ses parties. On reprend ensuite le plomb oxidé par cette opération; on le fond à travers les charbons dans un grand fourneau; il se réduit, cède son oxigène au carbone rouge, et reparaît sous la forme de plomb métallique au fond du fourneau. On le coule en saumons, et on le débite dans le commerce. Les mines de plomb autres que les sulfures, et ne contenant pas d'argent comme eux, sont traitées par la réduction et la fusion à travers les charbons; et les phosphates, en se décomposant ainsi, offrent une flamme phosphorique qui s'élève au dessus des fourneaux, et qu'on distingue facilement à sa couleur et à son odeur.

E. *Oxidabilité par l'air et le feu.*

27. Le plomb exposé à l'air se ternit promptement, perd facilement le peu d'éclat qui le caractérise, devient d'abord gris foncé et sale, ensuite d'un gris blanc qui forme à sa surface une véritable rouille. On s'apperçoit bientôt qu'il est plus altérable par l'air froid que ne l'est l'étain; car, tandis que celui-ci n'offre qu'une couche très-superficielle, un gris léger qui laisse toujours appercevoir sa couleur métallique, celui-là présente une oxidation plus profonde, et se recouvre d'une couche épaisse d'oxide qui augmente peu à peu de volume, qui se soulève même en espèces d'écailles de dessus le plomb qu'elle enduit, et qui finit par pénétrer toute la masse du plomb lorsqu'il n'a que peu d'épaisseur. Cependant le *maximum* de son altération est long à opérer, et l'intérieur des lames ou des couches de ce métal est long-temps défendu par la couche légère d'oxide qui se produit à sa superficie. Les alchimistes ont prétendu que, par une longue exposition à l'air, le plomb se changeait en argent. Leur erreur vient de ce que les plombs employés, il y a quatre ou cinq cents ans, aux couvertures des édifices, n'étaient pas bien purifiés, et de l'argent qu'on y avait laissé, qui, résistant à l'air tandis que le plomb s'y détruit peu à peu, les a trompés, parce qu'ils ne se sont pas assurés de la nature primitive de ce plomb argentifère.

28. Quand on fond du plomb en contact avec l'atmosphère, il se forme à sa surface une pellicule irisée, dont la nuance jaune dorée l'emporte cependant sur les autres couleurs qui la teignent, et qui bientôt fait place à un gris foncé uniforme. Si on enlève cette première pellicule, qui n'adhère point au métal fondu placé au dessous, il s'en reforme une seconde, et on peut convertir ainsi toute une quantité donnée de plomb en pellicules, à force d'en renouveler la surface dans

l'air. Ces pellicules, chauffées et agitées ensuite toujours en contact avec l'atmosphère, se convertissent en une poudre grisâtre, mêlée souvent de parcelles jaunes ou légèrement verdâtres : c'est-là l'oxide de plomb gris ou le premier état d'oxidation que ce métal est susceptible d'éprouver. Il est facile à réduire quoique non spontanément, mais à l'aide de l'hidrogène et du carbone, et à la température rouge.

29. Il faut remarquer que si l'on chauffe le plomb beaucoup au dessus de la température nécessaire pour le fondre et pour opérer l'oxidation simple dont je viens de parler, le métal élevé en vapeur dans l'air s'y brûle plus rapidement, répand une fumée blanche ou jaunâtre, d'une odeur particulière, qui se condense en un oxide d'un gris jaune sur les corps froids, et que quelques auteurs de chimie ont nommé *fleur de plomb*. Cette volatilisation du plomb fondu et cette oxidation qu'il éprouve dans l'air, sont les causes des dangereux effets qu'il produit chez ceux qui sont exposés à sa vapeur, et expliquent les maladies auxquelles les plombiers sont plus particulièrement exposés. La poussière même du plomb et de ses oxides, emportée ou transportée par l'air, soit par le travail fait sur le plomb lui-même en le grattant, le limant, soit dans les diverses circonstances où son oxide est répandu dans l'atmosphère, même avec des vapeurs étrangères, comme celle des huiles volatiles, produit les mêmes affections dans les hommes qui la reçoivent par la bouche, par le poumon et par la peau.

30. L'oxide gris de plomb, plus fortement et plus longtemps chauffé avec le contact de l'air, passe bientôt au jaune par une nouvelle absorption de l'oxigène. Dans cet état d'oxide jaune, on le nomme dans les arts *massicot* ; il paraît qu'il contient de six à neuf parties d'oxigène sur cent. On en distingue même deux espèces dans le commerce, à raison de sa nuance ; l'une qu'on nomme *massicot blanc*, l'autre qu'on désigne par le nom de *massicot jaune*. C'est une cou-

leur sale qui n'a aucune beauté, qui tire quelquefois sur le verdâtre, et qu'on prépare néanmoins en grand dans quelques manufactures, à cause de l'usage qu'on en fait fréquemment dans les arts. Le moyen de la fabriquer consiste simplement dans son agitation perpétuelle avec le contact de l'air, sans y employer un feu violent qui donnerait un autre résultat dont je vais faire mention. On réussit bien mieux, dans les ateliers en grand, à faire l'oxide jaune de plomb, que dans les laboratoires où l'on travaille en petit.

31. Il y a un troisième état d'oxidation du plomb; c'est celui où il prend une belle couleur rouge de feu ou plus ou moins orangée, qu'on nomme, dans les arts *minium*, oxide de plomb rouge dans la nomenclature méthodique. Toutes les fois que dans les laboratoires de chimie on chauffe longtemps, et sans cependant employer un feu capable de vitrifier l'oxide gris de plomb, on en change quelques parties en une poussière rouge; mais jamais on ne réussit à rendre cet oxide entièrement rouge ni d'une belle couleur : c'est même une sorte de secret, ou une opération délicate et qui demande une manipulation soignée et exercée que celle par laquelle on prépare cet oxide dans quelques manufactures. Il y a quelques années qu'on ne fabriquait d'oxide de plomb rouge qu'en Hollande et en Angleterre; aujourd'hui il y a plusieurs établissemens français où l'on fait cette préparation aussi belle que dans ces deux pays. Dans une espèce de fourneau de réverbère où l'on fait fondre le plomb, on pousse la chaleur jusqu'à ce que la masse soit d'un rouge cerise; on agite perpétuellement le plomb, en tirant la partie oxidée sur les côtés, et l'on fait entrer l'air nécessaire à cette oxidation par les portes qui servent à mettre le bois ou le charbon de terre. La première oxidation dure quatre ou cinq heures : en l'y laissant pendant vingt-quatre heures, en le retirant du four pour le faire refroidir à l'air, et en y jetant un peu d'eau avec laquelle on l'agite, on obtient, suivant la description

donnée par *Jars* dans les Mémoires de l'académie pour 1770, le véritable massicot, qu'on broie ensuite sous une meule, et qu'on délaie dans l'eau afin d'avoir une poussière fine et bien égale. Cet oxide jaune ou massicot, traité de nouveau dans le fourneau de réverbère pendant trente-six heures, donne l'oxide rouge ou *minium*, après l'avoir exposé en masse élevée qu'on sillonne sur sa largeur, et qu'on aplatit à son sommet. Il paraît que l'art de fabriquer ce dernier oxide, sur-tout pour l'avoir d'une belle couleur rouge brillante, consiste, quand il est devenu rouge de cerise dans le fourneau à chaud, à le laisser refroidir très-lentement, en fermant avec soin les ouvertures du fourneau, et que cette pratique a pour objet de ne donner qu'une certaine dose d'oxigène à cet oxide; car j'ai vu, dans une belle manufacture de Paris, cet oxide retiré bien chaud du fourneau, et d'une couleur rouge très-riche, pâlir singulièrement à l'air, et devenir d'une couleur brunâtre ou presque fauve sale, tandis qu'il conservait sa nuance orangée quand on le faisait refroidir dans le fourneau clos hermétiquement.

32. L'oxide de plomb rouge varie plus ou moins de couleur, depuis l'orangé clair très-éclatant qu'on recherche dans quelques arts, jusqu'au rouge cerise presque foncé; on en voit autant de nuances qu'il y a de manufactures diverses. On estime communément que cet oxide a augmenté de dix pour cent en poids, et qu'ainsi cent parties de plomb en donnent cent dix de minium. Cependant les auteurs varient entre eux sur la quotité de cette augmentation de poids. Les uns admettent quinze pour cent, les autres le portent jusqu'à vingt pour cent. Wallerius et Wasserberg ont adopté cette dernière donnée, d'après leurs observations et leurs expériences. Au reste, quoique cette augmentation paraisse être d'autant plus grande que l'opération a été plus parfaite, et sur-tout plus lente, il est reconnu, d'après les dernières expériences du citoyen Vauquelin, que la proportion la plus constante de

l'oxigène dans l'oxide rouge de plomb est de 0.09. Cet oxide est en partie réductible dans une cornue, et donne une petite quantité de gaz oxigène ; mais ce n'est que la plus légère portion qui repasse à l'état métallique ; et il est très-vraisemblable que cette portion n'est pas dans le même état que le reste de l'oxide : on le réduit complétement par plusieurs moyens que je ferai connaître plus bas.

33. L'oxide jaune et l'oxide rouge de plomb, chauffés fortement, se fondent et se vitrifient avec une grande facilité. De tous les oxides métalliques ce sont ceux qui éprouvent le plus vîte et avec le plus d'énergie ce changement remarquable. Il est vraisemblable que le verre de plomb est encore plus oxigéné que l'oxide rouge, puisque celui-ci, exposé chaud à l'air, change de couleur, passe au jaune, comme quand on le vitrifie. Cet oxide vitreux est en même temps le corps le plus fondant, le plus vitrifiant que l'on connaisse. Aucun vase ne peut lui résister ; il les traverse tous comme l'eau passe à travers le papier. Pott a remarqué qu'on ne pouvait pas conserver ce verre fondu plus de trois quarts-d'heure dans le creuset le plus solide et le plus réfractaire ; et Macquer observait à ce sujet qu'il était impossible d'avoir, à cause de cela, du verre de plomb bien pur. Les chimistes se sont occupés à l'envi de chercher des compositions de terres capables de lui résister ; et quoiqu'ils n'aient point encore résolu cette espèce de problême, puisqu'il n'y a aucune terre qui puisse y résister obstinément, ils en ont cependant assez approché. La porcelaine dure ou fortement cuite, comme celle de Sèvres, est la matière qui réussit le mieux, et qui se laisse moins aisément entamer ou perforer que les autres par ce fondant si violent et si énergique.

34. L'oxidation du plomb a, de tout temps, été un des phénomènes qui, en raison de l'augmentation de poids que le métal y éprouve, a occupé fortement le génie des chimistes, des physiciens et des philosophes. Son histoire est liée

en quelque sorte à la marche et aux progrès de l'esprit humain. Après les efforts infructueux faits par Cardan, Scaliger, et une foule d'autres hommes d'un grand mérite, pour l'expliquer, Jean Rey en a le premier soupçonné la cause, quoique pendant plus d'un siècle et demi après lui, et malgré les ingénieuses machines découvertes en physique depuis le milieu du dix-septième siècle jusqu'aux deux premiers tiers du dix-huitième, elle ait encore échappé aux recherches et à la sagacité de Newton, de Boyle, de Mayow, de Hales, de Stahl, de Boerhaave et de tous les physiciens. Il était réservé à Lavoisier, comme on l'a vu, de convertir le soupçon de Jean Rey en certitude par rapport à l'oxidation du plomb, et de prouver que cette augmentation de poids était due à un principe de l'air qui se fixait dans le métal. Voilà donc cette accrétion au poids du plomb par l'air devenue un des premiers et des plus beaux faits de la doctrine pneumatique, un de ceux qui ont servi à en poser les premiers fondemens.

F. *Union avec les combustibles.*

35. Le plomb se combine avec la plupart des corps combustibles : on ne connaît pas cependant sa combinaison avec l'azote, l'hidrogène et le carbone. Ces deux derniers corps agissent sur ses oxides à chaud, de manière à les réduire et à leur enlever l'oxigène. Il se forme de l'eau et de l'acide carbonique, tandis que l'oxide repasse à l'état métallique. La réduction s'opère à froid à l'aide du temps par le contact du gaz hidrogène. Il faut noter qu'il n'y a point d'oxides métalliques plus facilement et plus complétement réductibles que ceux de plomb : ce qui annonce le peu d'adhérence de ce métal avec l'oxigène.

36. L'union du plomb avec le phosphore a été examinée par Pelletier : il l'a obtenue, soit en jetant du phosphore sur du plomb fondu dans un creuset, soit en distillant du

phosphore avec du plomb dans une cornue. Le phosphure de plomb est d'un blanc argentin bleuâtre ; il est susceptible d'être entamé par le couteau. Sa structure est lamelleuse ; et lorsqu'on le frappe sur l'acier, il se sépare en effet par lames. On trouve au dessus de lui, dans le creuset où on le prépare, un verre blanc laiteux formé par l'union de l'acide phosphorique et de l'oxide de plomb. Le phosphure de plomb se ternit promptement à l'air. Chauffé au chalumeau, le phosphore brûle à la surface du bouton promptement fondu, et l'on ne voit le plomb s'oxider qu'avec beaucoup de lenteur. La fonte qu'on en obtient dans un creuset est incomplète et pâteuse : de sorte qu'il est un peu moins fusible que les deux corps qui le composent ne le sont séparément. Pendant cette fusion, il s'en sépare toujours un peu de phosphore qui vient brûler à sa surface avec la flamme, la fumée blanche et l'odeur qui le caractérisent. Le phosphore s'y trouve, suivant Pelletier, dans la proportion de 0.12 à 0.15.

37. Le soufre s'unit facilement au plomb. Cette combinaison n'était pas inconnue aux anciens, puisqu'on la trouve décrite dans Dioscoride. On l'a nommée long-temps plomb brûlé, *plumbum ustum*. Dioscoride la faisait préparer en stratifiant des lames de plomb arrangées dans un vase de terre avec du soufre, et en enflammant celui-ci, puis en agitant le tout avec un triangle de fer. Il devait résulter de cette opération un sulfate ou un sulfite de plomb. On forme le vrai sulfure de plomb artificiel, soit en chauffant du plomb et du soufre mêlés dans un creuset, soit en jetant du soufre sur du plomb fondu dans un même vaisseau. Dans l'une ou l'autre opération, on obtient une matière noire, brillante, bien plus difficile à fondre que le plomb ou le soufre séparés, qui a un tissu comme fibreux ou filamenteux et strié dans son intérieur, qui est très-fragile, et qui imite au moins par sa couleur le sulfure natif de ce métal, ou la galène. Juncker et Wallerius conseillaient de prendre pour le préparer cinq

parties de plomb en grenailles et deux parties de soufre. Le citoyen Baumé a prescrit deux ou trois parties de plomb et une de soufre : au reste, ce sulfure factice se comporte absolument comme le naturel par les divers agens chimiques.

38. On ne connaît pas l'union des oxides de plomb avec le soufre ; on doute même qu'elle existe, parce qu'en chauffant ces deux corps ensemble il semble que l'oxide se réduise, se rapproche de l'état métallique, et que le soufre lui enlève son oxigène de manière à ce que le composé soit bientôt revenu à l'état d'un vrai sulfure de plomb, parce que la même réduction a lieu lorsqu'on met en contact le gaz hidrogène sulfuré et un oxide blanc, jaune ou rouge, de plomb. Tout-à-coup ces oxides noircissent, et l'eau chargée d'hidrogène sulfuré perd son odeur et ses propriétés. J'ai conseillé, d'après cette action très-énergique, d'employer l'oxide de plomb rouge pour décomposer les eaux sulfureuses, et pour apprécier la quantité d'hidrogène sulfuré qu'elles contiennent, par l'examen du sulfure, ou peut-être de l'hidrosulfure de plomb qu'elles donnent avec cet oxide.

39. Le plomb est susceptible de s'unir à un grand nombre de substances métalliques. Juncker s'est contenté de dire que le plomb chauffé avec l'oxide d'arsenic se volatilisait en partie, et se fondait en partie en un verre de couleur d'hyacinthe. Wallerius, qui parle aussi de la vitrification colorée en hyacinthe dans une pareille combinaison faite avec l'arsenic métal, ajoute qu'une partie du plomb y retient la forme métallique, mais qu'il est devenu cassant et brillant dans sa fracture, et que l'oxide de plomb vitrifié prend, lorsqu'on le fond avec l'oxide d'arsenic, une couleur rouge. Ces faits, qui semblent avoir été oubliés de la plupart des auteurs systématiques modernes, dans les ouvrages desquels on trouve qu'il n'y a pas d'union connue entre ces deux métaux, prouvent cependant que l'arsenic se combine véritablement avec le plomb ; qu'il résulte de leur combinaison un alliage lamelleux et cassant ;

que le plomb partage avec l'arsenic en oxide une partie de son oxigène ; et que quand on unit ces deux métaux oxidés par la vitrification, il s'établit également entre eux un équilibre d'oxidation dont j'ai déja parlé plusieurs fois, et qui en change la couleur avec toutes leurs autres propriétés. La théorie de la science doit considérer cet effet, qui offre un grand nombre d'applications dans les arts du verrier, de l'émailleur, du porcelainier, du préparateur de couleur.

40. On n'a point parlé encore des combinaisons du plomb avec le tungstène, le molybdène, le chrôme, le titane, l'urane et le manganèse. Ces métaux si nouveaux encore, si peu connus dans la plupart de leurs rapports avec les autres, presque tous si difficiles à traiter, et sur-tout obtenus jusqu'ici en si petite quantité par les chimistes, n'ont presque point été alliés, soit entre eux, soit avec ceux qu'on possédait avant leur découverte. Il est cependant très-utile à leur propre étude d'examiner leurs alliages divers, puisqu'on a déja reconnu qu'un des principaux moyens d'assurer leurs différences, et de déterminer leurs caractères spécifiques, consistait dans leur union avec les autres matières métalliques. Dans la série peu nombreuse encore des faits recueillis sur leurs alliages, on ne s'est pas occupé de les allier avec le plomb, parce qu'on a cru n'avoir que peu d'utilité à retirer de cette espèce de combinaison.

41. Suivant Gellert, le cobalt n'a que peu d'attraction pour le plomb. En fondant ces deux métaux, à parties égales, dans un creuset, la masse refroidie se trouve séparée en deux culots, l'un, plus lourd, occupant la partie inférieure ; l'autre, plus léger, placé au dessus et un peu adhérent au premier. On croirait donc qu'il n'y a aucune union entre ces deux métaux : cependant, quand on traite le cobalt fondu auparavant avec du plomb, par le fer, qui a pour lui la plus forte attraction, il s'en sépare un peu de plomb au fond du creuset ; ce qui prouve que le cobalt en avait pris un peu dans

la première fonte. Le citoyen Baumé dit n'avoir point trouvé de plomb dans du cobalt traité avec ce métal. Ce dernier, suivant lui, n'enlève pas le soufre au cobalt : en coupellant parties égales de sulfure de cobalt et de plomb, le premier est resté en poudre noire sur la coupelle que le verre de plomb pur et sans couleur a pénétrée. Wallerius assure aussi que ces deux métaux ne contractent aucune union entre eux.

42. Cronstedt a trouvé que le nickel ne pouvait s'unir que difficilement au plomb, qu'il en résultait cependant un alliage d'un gris sale, peu brillant, lamelleux et fragile. Wasserberg reproche, à cet égard, au citoyen Baumé d'avoir dit que Cronstedt n'avait rien indiqué sur ces deux métaux à leur état métallique, et qu'il n'avait parlé que de leur vitrification réciproque. Mais l'examen des ouvrages du citoyen Baumé, et l'histoire comparée de la marche de la science parmi ceux qui l'ont cultivée depuis quarante ans, aurait facilement prouvé à Wasserberg que le chimiste français n'a presque toujours parlé que d'après ses propres essais ; qu'il se vante par-tout d'avoir plus travaillé que lui, et que c'est pour cela sans doute que tout ce qu'il n'a pas fait ou pu faire par lui-même semble ne pas exister pour lui. Au reste, il est vrai, comme le remarque Wasserberg, que Cronstedt, dans son examen du nickel, a dit positivement qu'il s'unissait à tous les métaux, excepté au mercure et à l'argent.

43. Muschenbroëck a fait des expériences assez suivies sur l'alliage du plomb avec le bismuth. Il a vu que ce dernier donnait au plomb une fermeté et une ténacité remarquables lorsque les deux métaux étaient en quantité égale : une masse donnée de cet alliage, à parties égales, a soutenu un poids de 207 ; une pareille masse de l'alliage à trois parties de plomb et deux de bismuth en a supporté 290 ; celle de trois de bismuth et de deux de plomb, 147. Il en a conclu que le bismuth semblait faire fonction de gluten pour le plomb, dont il a fait adhérer plus fortement les molécules. Gellert

a eu dans cet alliage une pesanteur spécifique plus grande que la moyenne tirée de celle des deux métaux séparés. Wallerius le décrit d'une couleur grise foncée, un peu ductile à parties égales; et il observe que le bismuth se sépare, pendant son union avec le plomb, en scories plus abondantes encore qu'il ne le fait avec l'étain. Le citoyen Baumé a obtenu de parties égales de bismuth et de plomb un métal plus dur que celui-ci, assez malléable, imitant l'acier le plus pur par sa couleur. Une partie de plomb et deux de bismuth lui ont donné un alliage plus aigre, plus dur, formé de gros grains dans son tissu, et plus blanc que le précédent. Deux parties de plomb alliées à six parties de bismuth et une demi-partie d'antimoine lui ont fourni un métal très-dur, nullement compressible par le marteau, formé de petits grains serrés, et d'un blanc d'argent.

44. Les mêmes auteurs ont examiné l'alliage du plomb avec l'antimoine. Muschenbroëck a trouvé cet alliage d'une grande ténacité quand le plomb était uni à un huitième de son poids d'antimoine. Une masse de cet alliage a soutenu un poids de 260 livres, tandis qu'une pareille masse de plomb ou d'antimoine n'en aurait soutenu au plus que 30. Unis à parties égales, il n'y a presque pas de ténacité acquise, et le métal mixte est très-fragile. Muschenbroëck en conclut que, dans cette propriété, la nature observait ou plutôt avait établi un *minimum* et un *maximum* ou des limites constantes. Gellert s'est assuré que cet alliage est d'une pesanteur spécifique plus grande que celle donnée par le rapport des deux métaux unis. Wallerius a annoncé que, fait à parties égales, il était d'une couleur obscure et terne et fragile; le citoyen Baumé a dit qu'il était à facettes brillantes, et il a de plus décrit quelques autres alliages à doses différentes. Deux parties de plomb avec une partie d'antimoine lui ont fourni un métal cassant, terne, à petits grains, semblable à ceux du fer; quatre parties de plomb et une d'antimoine, un alliage un

peu plus ductile à gros grains ; quatre parties de plomb avec une demi-partie d'antimoine, un métal assez mou, à très-petits grains, comme l'acier, et en ayant la couleur. Le plomb a de plus, comme la plupart des autres, si l'on en excepte l'or et le platine, la propriété de séparer le soufre de l'antimoine, et de décomposer son sulfure : l'antimoine qu'on obtient ainsi retient un peu de plomb.

45. Le mercure s'unit au plomb avec beaucoup de facilité et dans toutes sortes de proportions. Le seul broiement du mercure avec le plomb en limaille fine suffit pour combiner ces deux corps. On y réussit encore bien mieux en versant le mercure chauffé dans du plomb fondu. On obtient ainsi une amalgame qui varie en solidité, suivant la proportion des deux métaux alliés. Elle est blanche, s'altère par le contact de l'air, donne des cristaux par un refroidissement bien ménagé, perd le mercure à un grand feu, et laisse séparer une poussière noirâtre d'oxide de plomb quand on la broie dans l'eau ; elle a de plus la singulière propriété de devenir très-liquide lorsqu'on la triture avec l'amalgame de bismuth. Ce phénomène a fait faire au citoyen Baumé des recherches sur la sophistication du mercure. Après avoir fondu dans un vase de fer parties égales de plomb et de bismuth, on y ajoute du mercure coulant et chaud en quantité suffisante pour égaler la moitié de toute la masse ; on agite ce mélange jusqu'à ce qu'il soit refroidi ; on obtient par là une amalgame fluide qui ne se fige point à l'air et par le repos, qui passe presque toute entière par la peau de chamois, comme le fait le mercure seul. Une partie du bismuth s'en sépare en poudre grise à la surface du mercure ; mais le plomb y reste intimement combiné. Le phénomène de cette liquidité n'est pas aussi difficile à concevoir que le citoyen Baumé l'a cru : il dépend de ce que, dans leur combinaison réciproque, le plomb, le bismuth et le mercure acquièrent une plus grande capacité pour le calorique qu'ils n'en avaient séparément ou unis deux à

deux, absorbent conséquemment plus de ce principe, et restent ainsi dans un état de liquidité qu'elles n'auraient point pris dans leur isolement. Cette sophistication du mercure est reconnaissable, parce que cet alliage est spécifiquement plus léger que le mercure ; parce que, placé sur une assiette de faïence ou de porcelaine que l'on penche pour le faire couler, chaque globule de mercure laisse après lui un fil en s'aplatissant, au lieu de tomber arrondi ou sphérique. En chassant le mercure de cette amalgame par l'action du feu, le plomb que ce métal abandonne reste en oxide jaunâtre qui ne peut plus rester uni au métal liquide. Beaucoup de chimistes assurent que le mercure exposé dans un nouet de linge à la vapeur du plomb fondu, devient solide ou se fige ; les plus exacts ont seulement observé qu'il y perdait une partie de sa liquidité.

46. Wallerius a décrit les propriétés de l'alliage du plomb avec le zinc à parties égales. Suivant lui, cet alliage est plus dur que le plomb, plus blanc, et sensiblement malléable. Le plomb est rendu volatil par le zinc, quand on unit dix ou douze parties de ce dernier avec une partie du premier ; mais si le zinc est moins abondant, il se sépare du plomb. Plusieurs auteurs assurent encore qu'on fabrique avec le plomb et le zinc des balles qui ne s'écartent jamais de la direction qui leur est communiquée et qui frappent plus directement le but vers lequel on tire ; mais ils ne donnent point les proportions de cet alliage particulier. Gellert a indiqué l'alliage du plomb et du zinc comme spécifiquement plus pesant que la moyenne des deux pesanteurs des métaux réunis ne le donne par le calcul. Muschenbroëck, d'après plusieurs essais d'alliage du plomb avec le zinc, a vu que le métal qui en résultait avait une très-forte ténacité et la plus grande dureté possible, lorsqu'il unissait huit parties du premier avec une du second. Les expériences du citoyen Baumé semblent démentir tous les faits annoncés par ces auteurs, puisque, suivant cet artiste,

parties égales de zinc et de plomb fondues dans un creuset ne se sont point unies ; le plomb était au-dessus du zinc sans avoir éprouvé aucun changement. Il a eu le même résultat en fondant deux parties de plomb avec une partie de zinc.

47. Le plomb s'unit à l'étain dans toutes les proportions. Muschenbroëck, qui a fait beaucoup d'expériences sur ce genre d'alliage dans un grand nombre de proportions différentes, a remarqué que le plomb augmentait beaucoup la fermeté ou la dureté de l'étain ; qu'un métal formé de trois ou quatre parties d'étain et d'une partie de plomb avait deux fois plus de dureté que l'étain pur, et que la meilleure proportion pour porter le plus loin possible la ténacité de l'étain, était de trois parties de ce dernier sur une de plomb. C'est ainsi, suivant lui, que le plomb qui sert à transporter le thé de la Chine en Europe contient un peu d'étain qui le durcit ; mais il faut observer qu'il entre du zinc ou du bismuth dans cet alliage chinois. Un quart d'étain allié au plomb empêche celui-ci de se vitrifier et de pénétrer la coupelle, suivant Juncker : cet alliage, traité par la coupellation, se boursoufle, s'élève en végétation, rougit vivement, s'enflamme, et laisse bientôt sur la coupelle un oxide dur et grenu qui est très-difficile à fondre. Deux parties de plomb et une partie d'étain forment un alliage plus fusible que les deux métaux ne le sont séparément : c'est la *soudure* commune, la *soudure des plombiers*.

48. L'alliage du plomb et de l'étain étant très-souvent employé dans les besoins de la vie, et le premier de ces métaux accompagnant toujours l'usage de cet alliage de dangers imminens pour les vaisseaux qui servent à la cuisine, à la pharmacie, il est très-important d'avoir des moyens de le reconnaître et de pouvoir s'assurer des proportions respectives de l'étain et du plomb, ce dernier sur-tout allant trop souvent au-delà de la quantité permise par de sages ordonnances de police. Les potiers d'étain ont plusieurs procédés pour reconnaître cette espèce de titre de l'étain, et consé-

quemment la quantité de plomb qu'il contient ; souvent ils s'en rapportent à la simple inspection : la couleur, la pesanteur et le cri de ce métal plié suffit à ces hommes exercés pour voir et juger l'étain dans ses divers alliages. Ils pratiquent aussi deux espèces d'essais : l'un, nommé *essai à la pierre*, se fait en coulant l'étain fondu dans une cavité hémisphérique terminée par une rigole et creusée sur une pierre de tonnerre, espèce de carbonate de chaux dur et à grain fin. Les phénomènes que l'étain présente en se refroidissant, la couleur, la rondeur, la dépression de sa partie moyenne, le cri que fait entendre la queue de l'essai pliée à plusieurs reprises, sont autant de signes que saisit le potier d'étain intelligent, et qui, à la faveur d'une longue observation, lui font connaître assez exactement le titre du métal qu'il traite. Cet essai est toutefois beaucoup moins exact et moins sûr que celui qu'on nomme *essai à la balle* ou *à la médaille*, qui, pratiqué dans les départemens, tandis que le précédent l'est à Paris, peut bien annoncer dans ceux qui l'emploient un peu moins d'habileté ou d'habitude que l'essai à la pierre, mais a au moins l'avantage de leur donner une connaissance plus certaine que ne le peut faire ce dernier. Cet essai à la balle consiste à couler l'étain dont on veut apprécier la qualité dans un moule qui lui donne la forme d'une balle ou d'une pièce aplatie semblable à une médaille. On compare ensuite la pesanteur de cet échantillon moulé à un pareil volume d'étain fin coulé dans le même moule. Plus l'étain qu'on examine a de poids au-dessus de celui de l'étalon, et plus il est allié de plomb. Il est évident qu'il vaudrait bien mieux prendre la pesanteur spécifique exactement et à la manière des physiciens, et que même avec cette précaution on n'aurait qu'une notion générale et imparfaite de la pureté ou de l'impureté de l'étain, sans pouvoir rien déterminer sur sa nature et son alliage, parce que plusieurs causes étrangères à la proportion des deux métaux peuvent influer sur la pesanteur spécifique de l'alliage.

49. Il n'y a qu'une analyse chimique qui puisse servir à acquérir une connaissance positive sur les proportions d'un alliage de plomb et d'étain. Bayen et Charlard ont donné un procédé aussi bon qu'il est simple et facile à pratiquer pour faire cette analyse. Ils ont proposé de traiter cent parties d'un étain suspect par près de trois cents parties d'acide nitrique bien pur, de laver l'oxide d'étain qui en provient avec plus de trente fois son poids d'eau distillée, et d'évaporer celle-ci mêlée à l'acide nitrique décanté d'abord de dessus l'oxide. Cette liqueur fournit du nitrate de plomb, si ce métal était contenu dans l'étain examiné : on calcine ce sel, et on compte l'oxide de plomb pesé pour la quantité de ce métal existant dans l'alliage, en en défalquant quelques centièmes, six à huit au plus, pour la quantité d'oxigène que le plomb a absorbée de l'acide nitrique. Ayant employé ce très-bon moyen sur diverses espèces d'étain ouvragé, ils ont reconnu que celui qui passe pour le meilleur et qui est vendu le plus cher, contient environ 0.10 de plomb ; que l'étain commun en contient 0.25. Cette dernière quantité de plomb dans l'étain doit faire courir les plus grands dangers à ceux qui usent des ustensiles de ce métal, et elle se rencontre malheureusement dans les vases les plus habituellement employés, telles les mesures de liquides, sur-tout celles à vin. Cet objet mérite l'attention des gouvernemens éclairés.

50. Le plus singulier et le plus remarquable peut-être de tous les alliages dont le plomb fait partie, c'est celui qu'on a nommé depuis long-temps alliage fusible, à cause de son étonnante fusibilité. En fondant ensemble huit parties de bismuth, cinq parties de plomb et trois d'étain, cet alliage, comme l'a découvert le citoyen Darcet, a la propriété de se fondre ou plutôt de rester liquide à la température de l'eau bouillante, de manière que, plongé dans ce liquide à 80 degrés de Réaumur, il coule au fond du vase qui le contient. Cet alliage cristallise par un refroidissement lent, et peut devenir extrêmement utile dans les arts.

G. *Action sur l'eau et sur les oxides.*

51. L'eau n'a point d'action immédiate sur le plomb, qui n'en sépare point l'oxigène et qui ne la décompose pas ; mais pour peu qu'elle soit aérée ou que les deux corps soient en même temps exposés à l'air, le plomb s'oxide promptement et facilement. En agitant ce métal dans un peu d'eau avec le contact de l'air, comme l'a fait M. Luzuriaga dans ses expériences sur cet objet, il se couvre bientôt d'une croûte blanche ou d'un oxide. Voilà quelle est la cause de cette ligne blanche qui se forme dans les réservoirs de plomb au bord de l'eau qui y est contenue, et au point même où ce métal touche à l'eau et à l'air. Mais bientôt cet effet se complique : le plomb oxidé absorbe l'acide carbonique atmosphérique ; il se forme du carbonate de plomb qui se dissout même dans l'eau, comme on le prouve en versant des hidrosulfures dans cette eau, qui prend une couleur noire par cette addition. On a sur-tout lieu de faire cette observation dans les cuves qui servent aux expériences de chimie, et il n'y a pas lieu de douter que le même phénomène se passe dans tous les réservoirs de plomb où l'on conserve de l'eau, puisqu'on trouve dans tous cette bordure saillante blanche et comme boursouflée qui ceint le lieu où l'eau s'élève dans ces vases. On voit donc que les canaux, et sur-tout les réservoirs de plomb où l'eau séjourne, sont très-dangereux dans les usages de la vie, et que, condamnés dans l'antiquité par Hippocrate, Galien et Vitruve, on doit croire aux observations de Vanswieten, de Tronchin, de Perceval, qui ont cité des exemples malheureux de familles entières empoisonnées par de l'eau qui avait séjourné dans des réservoirs de plomb. Les oxides de plomb ne sont pas dissolubles dans l'eau pure ; mais pour peu qu'elle soit aidée par quelques corps salins, par des alcalis ou des acides, elle s'en charge plus ou moins abondamment.

52. Il n'y a pas d'action entre le plomb et les oxides métalliques ; ce métal a trop peu d'attraction pour l'oxigène, et il en est trop peu avide pour pouvoir les décomposer. Seulement il partage quelquefois l'oxigène avec les autres oxides métalliques, et se met avec eux dans un état d'équilibre d'oxidation. C'est ce qui arrive très-souvent dans la préparation des émaux et des verres colorés. La plupart des métaux ont au contraire la propriété de décomposer les oxides de plomb, de leur enlever l'oxigène et de les réduire à l'état métallique, ou au moins de les rapprocher plus ou moins de cet état.

H. *Action des acides.*

53. Le plomb se comporte tout autrement que l'étain avec les acides. Il s'oxide beaucoup moins que lui par leur action ; il se combine beaucoup mieux avec les acides en général, et forme des dissolutions permanentes. L'acide sulfurique n'agit point à froid sur le plomb, ni même à une température qui ne fait point bouillir cet acide. C'est pour cela qu'on emploie du plomb pour garnir les chambres où l'on fait brûler du soufre dans la fabrication de l'acide sulfurique. Ce métal n'est que très-peu altéré par le contact de l'acide en vapeur, et il dure très-long-temps. Quand on fait chauffer de l'acide sulfurique concentré sur du plomb en limaille, jusqu'à porter l'acide à l'ébullition, il s'établit une effervescence, il se dégage du gaz acide sulfureux ; le plomb paraît être changé en un sulfate épais blanc, qui reste au fond de la liqueur, quand celle-ci était très-abondante, ou qu'on obtient sec si l'acide a été employé en quantité seulement suffisante pour agir sur le plomb. En lavant cette dernière masse blanche avec de l'eau distillée, celle-ci ne dissout qu'une petite portion de sulfate de plomb à la faveur d'un petit excès d'acide sulfurique. Ce lavage donne de petites aiguilles par l'évaporation. Le citoyen Monnet dit qu'on obtient ce

sulfate de plomb en prismes courts. Le citoyen Sage l'a décrit en prismes tétraèdres : on observera que ce sel dissous et cristallisé ne peut être obtenu qu'à l'aide d'un excès d'acide, et que c'est pour cela que plusieurs chimistes en ont nié l'existence. Jamais l'eau, en quelque quantité qu'on l'emploie, à moins qu'on n'y ajoute de l'acide sulfurique, ne peut dissoudre toute la masse blanche de sulfate de plomb, et c'est pour cela que ce sel est regardé généralement comme indissoluble, incristallisable, et peu décomposable. Il n'est presque pas altérable même à un grand feu, et on ne le décompose qu'avec le charbon. Chauffé seul, il ne donne jamais de soufre, mais seulement de l'acide sulfureux. Les terres alcalines et les alcalis le décomposent, et ils en séparent l'oxide de plomb pur, en absorbant l'acide sulfurique. L'oxide contenu dans le sulfate de plomb paraît être à 0.07 d'oxigène ; cent quarante-deux parties de ce sel répondent à cent parties de métal : ce qu'il est très-important de savoir pour les essais et pour les diverses recherches relatives aux combinaisons et aux différens états d'oxidation du plomb.

54. Le plomb n'agit point sur l'acide sulfureux, et on sait par ce qui vient d'être dit, qu'en effet ce métal ne dégage que de l'acide sulfureux, et jamais du soufre de l'acide sulfurique. L'acide sulfureux ne peut donc pas dissoudre le plomb ; mais il s'unit facilement à son oxide, et forme du sulfite de plomb avec lui, pourvu qu'il ne soit pas trop oxigéné. Voici ce que cette combinaison nous a présenté, au citoyen Vauquelin et à moi, dans nos recherches communes sur les combinaisons de cet acide avec les métaux. L'oxide rouge de plomb, mis en contact avec l'acide sulfureux liquide, blanchit bientôt ; cet acide perd son odeur, et il se forme une masse saline mêlée de sulfate et de sulfite de plomb. On n'obtient du sulfite seul qu'en traitant de l'oxide blanc de plomb, séparé du nitrate de ce métal par l'acide sulfureux. Le sulfite, ainsi préparé, est insipide et indissoluble. Au chalu-

meau, sur un charbon, il se fond, répand une légère flamme phosphorique, et devient d'un jaune pâle en refroidissant. Chauffé plus long-temps, il se réduit sur ses bords, ensuite bouillonne et passe tout entier à l'état métallique. Dans un vaisseau fermé, il donne de l'eau, de l'acide sulfureux, du soufre, et laisse du sulfate de plomb d'un jaune verdâtre. Les acides sulfurique et muriatique en dégagent l'acide sulfureux avec effervescence; l'acide nitrique ne le décompose pas : ce qui doit être, puisque l'acide sulfureux enlève, au contraire, l'oxide de plomb à l'acide nitrique; mais il le change en sulfate, et se dégage en vapeur rouge. Les alcalis lui enlèvent son acide sulfureux. Si au lieu de traiter l'oxide rouge par l'acide sulfureux, on le traite par le sulfite de soude en faisant rougir le mélange, l'oxide passe à l'état de métal, et le sulfite de soude passe à l'état de sulfate, mais avec excès de soude, parce que l'acide sulfurique formé sature moins de soude que l'acide sulfureux. Tout cela prouve que l'oxide rouge de plomb cède une portion de l'oxigène à l'acide sulfureux seul, et tout son oxigène à cet acide, quand celui-ci est uni à la potasse ou à la soude.

55. L'acide nitrique, un peu étendu d'eau, agit bien sur le plomb, l'oxide, le dissout tranquillement, en faisant une effervescence continue et égale. S'il est trop fort il le laisse en oxide sec. Mais cet oxide est également dissoluble dans l'acide nitrique faible. Cette dissolution ne se trouble pas par l'eau. Elle a une saveur d'abord sucrée, ensuite austère et âcre. Il se sépare, pendant cette dissolution, une poudre grise indissoluble, que Grosse avait prise pour du mercure, mais qui n'en contient véritablement pas, et dont la nature n'a pas été déterminée. En évaporant directement cette dissolution, elle donne ensuite, par le refroidissement, des cristaux réguliers en forme de triangles plats, dont les angles sont tronqués par une évaporation lente et spontanée; on en obtient des pyramides hexaèdres tronquées à trois faces, alternative-

ment larges et étroites, qui représentent assez bien un chapeau à trois cornes, et que Rouelle a bien décrites. Ces cristaux pétillent et décrépitent fortement sur les charbons ardens ; il exhale en même temps des étincelles très-brillantes. Boerhaave dit que cette décrépitation, dangereuse pour les assistans, a fait nommer ce sel *plomb fulminant* ou *saturne tonnant*. Il reste après cela un oxide de plomb jaune ou rougeâtre, qui se réduit en métal sur les charbons. Dans un vaisseau fermé il donne du gaz nitreux, du gaz oxigène, du gaz azote, et l'oxide de plomb se vitrifie. La dissolution du nitrate de plomb précipite un oxide blanc par les alcalis, noir et sulfuré par les sulfures et hidrosulfures. L'acide sulfurique et les sulfates la décomposent et y forment un précipité blanc, épais et indissoluble de sulfate de plomb. L'acide sulfureux la précipite également en sulfite de plomb.

56. L'action de l'acide nitrique sur les divers oxides de plomb mérite d'être connue avec soin. Avant les travaux de M. Proust et du citoyen Vauquelin, on ne savait autre chose sinon que ces oxides étaient dissolubles dans l'acide du nitre. On sait aujourd'hui que la différence des oxides en apporte une dans l'action de cet acide. L'oxide blanc et l'oxide jaune s'y dissolvent tranquillement, sans effervescence, sans résidu et sans changement sensible ni dans leur nature, ni dans celle de l'acide : mais il en est tout autrement de l'oxide rouge. Quand on verse sur celui-ci de l'acide nitrique à vingt-six ou trente degrés, il y a de la chaleur ; l'oxide blanchit, se dissout en grande partie, et il s'en sépare en même temps une portion de poudre noire insoluble. Cette poudre bien lavée, recueillie et séchée, pèse les 0.15 de l'oxide employé : quand on l'examine on la reconnaît pour un oxide de plomb brun, plus foncé que tous ceux dont il a été parlé, le plus chargé d'oxigène et le plus oxidé de tous ; on obtient encore plus facilement et plus abondamment cette espèce d'oxide par l'acide muriatique oxigéné, comme je le dirai bientôt.

Il faut expliquer seulement ici ce qui se passe dans l'action de l'acide nitrique. Environ les $\frac{6}{7}$ de l'oxide rouge se dissolvent dans cet acide ; mais comme leur état d'oxidation à 0.09 d'oxigène ne leur permet pas de se dissoudre, à mesure que l'excès de ce principe se sépare, il se porte sur le septième qui reste indissoluble et qui brunit : en sorte que la désoxidation des $\frac{6}{7}$ et la suroxidation de $\frac{1}{7}$ sont le produit de la double attraction de l'acide nitrique par l'oxide blanc, et de l'oxide rouge pour la portion d'oxigène propre à l'amener à l'état d'oxide brun. On voit par là pourquoi l'oxide blanc et l'oxide jaune se dissolvent dans l'acide nitrique sans former d'oxide brun.

57. L'acide muriatique agit, quoique faiblement, sur le plomb et l'oxide, lorsqu'on chauffe ces deux corps ; une partie de cet oxide nage dans la liqueur ; une autre s'y combine : celle-ci est peu abondante et ne se dissout qu'à l'aide de l'excès d'acide ; elle fournit des cristaux prismatiques brillans satinés et en aiguilles fines de muriate de plomb. Ce sel n'est pas déliquescent ; il se dissout dans l'eau ; il a une saveur douce austère ; il est décomposé par les alcalis qui en précipitent un oxide blanc. On unit plus directement et on sature mieux ces deux corps l'un avec l'autre, en prenant un oxide de plomb pour l'unir à l'acide muriatique, ou en versant cet acide, soit libre, soit engagé dans quelques bases alcalines ou terreuses, dans la dissolution de nitrate de plomb. Tout-à-coup il se fait un précipité blanc, épais, presque comme un coagulum, lourd, beaucoup plus abondant que celui que forme l'acide sulfurique, qui se rassemble promptement au fond de la liqueur. L'acide muriatique a donc plus d'attraction pour l'oxide de plomb que n'en a l'acide nitrique. Le muriate de plomb, ainsi formé, a une saveur douceâtre ; il se dissout dans trente fois son poids d'eau ; il se fond au feu avec une grande facilité ; il donne, lorsqu'il est fondu, une vapeur blanche qui, reçue dans la bouche,

y laisse long-temps une saveur sucrée, et qui se condense en poussière cristalline blanche sur les corps froids. Quand on a fondu ce sel, il est en une masse demi-vitreuse, brillante, d'un gris foncé ou brun, qu'on a nommée *plomb corné*, soit parce qu'il a une nuance assez semblable à celle de certaines cornes, soit parce qu'il ressemble au muriate d'argent, qui, après une fusion pareille, était appelé *argent corné*. Quand on a dissous le muriate de plomb dans l'eau, on l'obtient par l'évaporation en cristaux prismatiques subhexaèdres et striés. L'acide sulfurique, suivant la remarque de Grosse, précipite cette dissolution en sulfate de plomb indissoluble. Elle se comporte d'ailleurs comme les autres sels de plomb par les réactifs alcalins et sulfurés.

58. Quand on fait chauffer légèrement de l'oxide de plomb rouge avec l'acide muriatique, celui-ci passe en partie à l'état d'acide muriatique oxigéné, tandis que l'oxide désoxigéné s'unit à une autre portion de cet acide, et fait du muriate de plomb en poudre blanche : un excès d'acide redissout le muriate. Ainsi l'acide muriatique ne peut pas s'unir à l'oxide de plomb rouge sans le désoxigéner et le ramener à l'état d'oxide blanc. C'est pour cela que le plomb traité par ce gaz ou par l'acide muriatique oxigéné liquide ne passe qu'à l'état d'oxide blanc, et s'unit alors à l'acide muriatique désoxigéné par l'oxidation du métal. Le citoyen Fabroni a proposé de préparer ainsi l'acide muriatique oxigéné pour la restauration des estampes. On n'a cet acide par ce procédé qu'en n'employant que peu d'oxide rouge de plomb, et tant que l'acide suffit pour saturer cet oxide; car si on en force la dose, on obtient alors du muriate de plomb et une portion d'oxide brun. Ces effets annoncent *a*, que l'acide muriatique ne peut s'unir qu'à l'oxide blanc de plomb, et désoxide le rouge avant de s'y unir ; *b*, que cet acide a plus d'attraction pour l'oxide blanc que l'oxide rouge n'en a pour l'oxigène de l'acide muriatique oxigéné ; *c*, que tant qu'il y a

de l'acide muriatique libre pour agir sur l'oxide rouge de plomb, celui-ci n'éprouve aucune altération de la part de l'acide muriatique oxigéné qui se dégage et se volatilise.

59. L'acide muriatique oxigéné gazeux reçu dans de l'eau où l'on a mis de l'oxide de plomb blanc, jaune, ou rouge, est absorbé, le noircit d'abord, ou plutôt le brunit et finit par le dissoudre. Il se forme ainsi du muriate suroxigéné de plomb qui reste en dissolution jaunâtre. Si l'on précipite cette dissolution par de la potasse ou de la soude, l'oxide de plomb se dépose avec une couleur rouge brune. On obtient le même muriate suroxigéné de plomb, précipitant en rouge brun par les alcalis, en versant l'acide muriatique oxigéné sur du nitrate de plomb, dans lequel il ne fait point d'abord de précipité, mais qu'il finit par faire déposer en poussière brune ou rouge. Une plus grande quantité le redissout. C'est à M. Proust que l'on doit la connaissance de ce sel, qui est fort différent du muriate de plomb ordinaire. Ce muriate suroxigéné noir, tant qu'il n'est pas dissous dans l'eau, n'est bien dissoluble qu'à l'aide d'un excès d'acide muriatique oxigéné. Tout oxide de plomb blanc mis en contact avec ce dernier acide acquiert une couleur rouge, et à la fin une couleur brune ou puce. Le muriate suroxigéné de plomb précipite en blanc par l'ammoniaque qui, en se décomposant en partie, décompose tout-à-coup l'oxide de plomb rouge, à mesure qu'elle le précipite. Le citoyen Vauquelin a fait un nouvel examen de cet oxide suroxigéné de plomb et de la manière de le préparer. Il résulte spécialement de ses recherches que sur cent parties d'oxide rouge de plomb, on obtient ainsi soixante-huit parties d'oxide brun, et qu'il se passe dans cette action réciproque un double effet qui tend également à augmenter la quantité de l'oxide brun. En effet, tandis que l'acide muriatique oxigéné cède son oxigène à une partie de l'oxide rouge, une autre portion de cet oxide en perd pour s'unir à la partie d'acide muriatique désoxigénée avec

laquelle il forme du muriate de plomb : cette seconde proportion d'oxigène séparée d'une partie de l'oxide se porte sur l'autre partie du même oxide, et c'est ainsi qu'on obtient 0.68 d'oxide brun par ce procédé, tandis que par l'acide nitrique on n'en obtient que 0.15.

60. L'oxide de plomb brun obtenu par l'un ou l'autre procédé cité a, suivant le même chimiste, des propriétés très-différentes de celles des autres oxides du même métal. Il est d'un brun foncé, brillant, velouté, semblable à la nuance que l'on nomme puce; au chalumeau, il jaunit et se fond; sur les charbons, il se réduit en bouillonnant; chauffé dans une cornue, il donne du gaz oxigène très-pur, et se réduit en verre de plomb; il donne le même gaz quand on le distille avec l'acide sulfurique, et se comporte à cet égard comme l'oxide de manganèse; insoluble dans l'acide nitrique, il se dissout dans le nitreux; le sucre, le miel le rendent dissoluble dans le premier. L'acide muriatique bouillonne sur-le-champ avec lui et passe à l'état d'acide oxigéné. Il décompose rapidement l'ammoniaque et forme de l'acide nitrique dans l'un des produits de cette décomposition. Il enflamme le soufre par le seule broiement, et lui fait jeter une lumière très-vive, mais sans détonation; il n'enflamme point le charbon. Enfin l'oxide puce de plomb s'unit facilement à l'huile d'olive, qu'il convertit en un emplâtre brun clair très-solide.

61. L'acide phosphorique liquide n'attaque que très-lentement le plomb et le convertit peu à peu en phosphate de plomb blanc et indissoluble. Mais les phosphates alcalins et dissolubles forment à l'instant même ce sel, lorsqu'on les unit au nitrate de plomb, et même à l'aide du feu au muriate de plomb, comme je le ferai voir bientôt. Il est vraisemblable que c'est par l'effet de ces doubles décompositions que se forme le phosphate de plomb solide, cristallisé, ou en dépôts, que l'on rencontre si fréquemment aujourd'hui dans les mines de ce métal. Ce phosphate, qui paraît devenir dissoluble par

un excès d'acide phosphorique, et même par d'autres acides, est fusible au feu, et se prend en polyèdres réguliers par le refroidissement. Il est décomposé par le charbon rouge, qui le change en phosphore et en plomb, tandis qu'il passe lui-même à l'état d'acide carbonique. Les acides sulfurique, nitrique et muriatique le décomposent par la voie humide, et fournissent un moyen d'en séparer l'acide phosphorique. Les carbonates alcalins le décomposent aussi par une double attraction.

62. On ne connaît que peu l'union de l'acide fluorique et de l'acide boracique avec le plomb. On sait seulement qu'on forme du fluate et du borate de plomb peu solubles, par l'effet des attractions électives solubles, en versant des fluates et des borates dissous dans la dissolution nitrique de plomb; que ces sels se précipitent alors en poudre blanche peu sapide, et qu'on les décompose par les acides sulfurique, nitrique et muriatique, qui ont plus d'attraction pour l'oxide de plomb que n'en ont les acides fluorique et boracique.

63. L'acide carbonique s'unit facilement à l'oxide de plomb: c'est ainsi qu'à mesure que ce métal se brûle par le contact de l'eau et de l'air, l'acide carbonique de l'atmosphère est peu à peu absorbé, et le fait passer à l'état de carbonate de plomb, qui paraît même être dissoluble dans l'eau à l'aide de l'acide carbonique. On opère cette même dissolution en chargeant de l'eau d'acide carbonique, et en la laissant ensuite séjourner sur de l'oxide de plomb. Cette eau se trouble bientôt et se noircit par le contact de l'hidrosulfure. Les sels de plomb solubles ou dissous, décomposés par les carbonates alcalins, donnent un précipité de carbonate de plomb: ce procédé est le meilleur de ceux qu'on peut employer pour obtenir ce sel. C'est par la réunion de pareilles circonstances que se forme vraisemblablement le carbonate de plomb, si abondant au sein de la terre, et qu'on trouve si souvent soit parmi les mines de ce métal, soit parmi celles de cuivre. L'eau l'a tenu en dissolution, puisqu'il se présente si fréquemment sous

la forme de cristaux, de dépôts, de stalactites, d'incrustations, et puisque quand on l'analyse on y trouve une petite quantité de ce liquide, comme le prouvent et sa décrépitation sur les charbons allumés, et sa distillation dans un appareil bien clos. Au feu, dans des vaisseaux fermés, il donne de l'acide carbonique et un oxide de plomb. Il se réduit facilement et promptement par le charbon : les acides le dissolvent avec une effervescence dont le produit est du gaz acide carbonique ; le sulfure ammoniacal et sa vapeur le noircissent tout-à-coup et le font promptement reconnaître.

64. Tous les acides métalliques s'unissent à l'oxide de plomb une fois formé, et n'ont aucune action, ou au moins n'en ont qu'une très-faible sur ce métal.

a. Suivant Schéele le plomb noircit quand on le fait digérer dans la dissolution d'acide arsenique, et se couvre d'une poussière blanche, sans que l'acide surnageant retienne de l'oxide du premier métal. Traité en limaille avec le double de son poids d'acide arsenique solide à la distillation, le mélange coule en masse transparente ; il s'élève un peu d'acide arsenieux, et il reste un verre laiteux, qui, lessivé, laisse précipiter beaucoup de poudre blanche, tandis qu'une portion d'acide arsenique se dissout. On voit donc ici le plomb enlever à une partie de l'acide arsenique une portion de son oxigène, et s'unir en oxide blanc à une autre partie de cet acide. Cet arseniate de plomb n'est pas dissoluble ; il paraît être fusible en verre blanc : on le forme en précipitant le nitrate et le muriate de plomb par l'acide arsenique, qui leur enlève l'oxide de plomb.

b. Le même chimiste a découvert que l'acide tunstique précipite et sépare l'oxide de plomb de la dissolution nitrique de ce métal, en un tunstate de plomb blanc indissoluble, et que l'acide molybdique décompose le nitrate et le muriate de plomb en formant un dépôt blanc, abondant, avec leurs dissolutions. Il a donc prouvé par là que les acides tunstique et molybdique

ont plus d'attraction pour l'oxide de plomb que n'en a l'acide nitrique; que le molybdique en a même plus que le muriatique, et que le tunstate comme le molybdate de plomb sont indissolubles dans l'eau. On a vu plus haut que ce dernier sel existait dans la nature sous la forme de cristaux ou lames hexaèdres d'un jaune clair, dans ce qu'on nomme le plomb jaune de Bleyberg, et que ce sel natif avait été décomposé, à l'aide de l'acide muriatique, par M. Klaproth: ce qui semble contredire le fait annoncé par Schéele, de la décomposition du muriate de plomb par l'acide molybdique.

c. L'acide chromique, comme on l'a vu plus haut, a été découvert combiné avec l'oxide de plomb, par le citoyen Vauquelin, dans la mine de plomb rouge de Sibérie. Quand après avoir décomposé ce sel par les dissolutions de carbonate de potasse, de soude ou d'ammoniaque, car ces trois sels ont la même propriété à cet égard, on unit la dissolution de chromate alcalin avec une dissolution nitrique de plomb, on reforme tout-à-coup, à l'aide des attractions électives doubles, un nouveau chromate de plomb, présentant la couleur et toutes les autres propriétés de celui de la nature, excepté la cristallisation.

I. *Action sur les bases et les sels.*

65. Les terres et les alcalis n'ont aucune action sur le plomb: ces derniers cependant favorisent son oxidation par l'air, et sur-tout par l'eau aérée, en raison de l'attraction qu'ils tendent à exercer sur l'oxide de ce métal. Les terres, et spécialement la silice et l'alumine, s'unissent très-bien par l'action du feu avec l'oxide rouge de plomb, et il en résulte une vitrification jaune homogène, pesante, qu'on nomme verre de plomb, quand la proportion de l'oxide y est très-grande. C'est en raison de la forte vitrescibilité que l'oxide de plomb communique aux substances terreuses, qu'on le fait entrer dans la composition du verre, à la dose d'un sixième ou même

d'un cinquième des autres matières qui constituent la composition vitreuse. On n'employait autrefois cet oxide que pour la préparation des émaux et des couvertes des diverses poteries; mais les manufactures anglaises profitant des observations recueillies sur la belle fusion de ces mélanges, ont commencé à augmenter la dose de cet oxide dans les compositions de leurs verres; et à leur imitation il s'est établi dans beaucoup de pays, et sur-tout en France, un grand nombre de verreries où l'oxide de plomb est employé en grande quantité. Par cette addition, on obtient des verres promptement et complétement fondus, homogènes dans leurs pâtes, sans stries, sans bulles, sans bouillons et sans défauts. Ces verres sont lourds, glaceux, d'une teinte uniforme noire dans leur cassure, d'un blanc pur dans leur transparence, qui réfractent et dispersent fortement les rayons de la lumière, et qui produisent, lorsqu'ils sont taillés à facettes, ces belles couleurs variées de l'arc-en-ciel, ces iris si brillans qu'on admire dans les lustres et les lanternes qui en sont décorés. Mais le verre, si beau à l'œil, et si utile par son peu de cherté, a de grands inconvéniens pour les vaisseaux de chimie, et réagit souvent, par la grande quantité de plomb qu'il contient, sur les matières qu'on y traite. C'est aussi par cette combinaison avec l'oxide de plomb, par la densité et l'homogénéité qu'il communique à la masse vitrifiée, qu'on obtient le verre si utile à la fabrication des instrumens astronomiques, et sur-tout des lunettes achromatiques, qui est connu sous le nom de *flint-glass*, et dont la préparation n'est encore un problème que pour en fabriquer de grandes masses; car rien n'est plus commun que de petites portions de cette composition. Tout ce qui tient, au reste, à cette union de l'oxide de plomb avec les matières vitrifiées, est encore un sujet de belles et utiles recherches pour les chimistes.

66. Les terres alcalines et les alcalis s'unissent très-facilement à l'oxide de plomb. Le citoyen Berthollet a décrit en 1788 la combinaison de l'oxide de plomb avec la chaux. L'eau de

chaux, bouillie quelque temps sur de l'oxide de plomb demi-vitreux ou sur la *litharge*, dissout mieux cet oxide que le rouge. Cette dissolution, évaporée dans une cornue, donne de très-petits cristaux, transparens et irisés, pas plus solubles que la chaux. Les sulfates alcalins décomposent cette espèce de plombite de chaux, car on voit ici l'oxide de plomb faire fonction d'un acide faible; le gaz hidrogène sulfuré le décompose également; les acides sulfurique et muriatique en précipitent le plomb en sulfate et en muriate. Cette même dissolution noircit la laine, les ongles, les cheveux, le blanc d'œuf, et n'agit pas sur la couleur de la soie, de la peau, du jaune d'œuf. Le citoyen Berthollet observe encore que le simple mélange de l'oxide de plomb rouge et de la chaux qui le fait passer au blanc, noircit les matières animales; et comme on emploie ce mélange pour teindre les cheveux, il annonce avec raison qu'il est moins nuisible que les dissolutions d'argent dont on se sert souvent inconsidérément pour le même usage: il affaiblit cependant, dit-il, les substances animales, et c'est à la chaux que cet affaiblissement est dû, puisque la laine ne souffre pas plus du mélange d'oxide de plomb et de chaux que de l'action de la chaux seule.

Bergman avait observé, avant le citoyen Berthollet, que les alcalis fixes caustiques dissolvaient l'oxide de plomb; et c'est ce qu'on observe lorsqu'on précipite les dissolutions de ce métal par ces alcalis ajoutés en excès. Les chimistes auront donc à examiner les combinaisons de ces corps, et à déterminer pourquoi les alcalis caustiques favorisent la séparation de l'oxigène des oxides de plomb, comme ils le font à l'égard de plusieurs autres oxides métalliques, ainsi que je l'ai fait observer dans plusieurs des articles précédens.

67. Le plomb n'agit point sur les sulfates; il diffère beaucoup à cet égard de l'étain qui les décompose, et cela vient de sa moindre attraction pour l'oxigène. Il brûle lentement à l'aide des nitrates; et lorsqu'on jette sur du plomb fondu et un

peu rougi au feu, du nitre en poudre, il ne s'excite que peu de mouvement, il n'y a point de flamme apparente ; lorsque l'action entre ces deux corps est terminée, on retrouve l'oxide en petits feuillets jaunâtres demi-vitrifiés, semblables à ceux de la litharge.

68. Il y a une action sensible entre les muriates et le plomb, et cette action a donné successivement naissance à diverses opérations de chimie, et à plusieurs produits des arts. On a observé depuis long-temps qu'une lame de plomb trempée dans de l'eau chargée de muriate de soude, s'altérait et se couvrait d'une croûte d'oxide blanc. On sait aussi que l'oxide de mercure rouge et la litharge blanchissent par le contact du muriate de soude humide ou même dissous dans l'eau : ce contact, aidé du temps et de l'agitation, forme un des procédés si recherchés par les chimistes modernes pour décomposer le sel marin et pour en séparer la soude. On a d'abord cru qu'on n'en décomposait par là qu'une partie, et qu'il ne se formait que peu de muriate de plomb ; que la décomposition était plus grande à l'aide de la chaleur, et que c'était ainsi qu'on préparait dans quelques manufactures un muriate de plomb jaune citron, très-brillant, fort employé dans la peinture, depuis quelques années, sous le nom de *jaune anglais*, servant spécialement aux voitures et aux papiers peints.

Ces apperçus ont été rectifiés ; et l'histoire de la décomposition du sel marin par les oxides de plomb a été entièrement éclaircie par les dernières expériences du citoyen Vauquelin. Voici le résultat de son travail sur cet objet : sept parties de *litharge* bien broyée et une partie de muriate de soude, mêlées ensemble, ont été arrosées avec la quantité d'eau nécessaire pour leur donner la consistance d'une bouillie liquide, et agitées pendant plusieurs heures pour faciliter leur action réciproque. L'oxide est devenu blanc en augmentant de volume, et le mélange, en absorbant l'eau, a pris une consistance

considérable : après y avoir ajouté de nouvelles quantités d'eau pendant quatre jours, on a délayé le tout dans sept à huit parties de ce liquide, et on a filtré ; la liqueur, sensiblement alcaline, tenait un peu de muriate de plomb, et point de muriate de soude : évaporée au dixième de son volume, elle a donné des cristaux de carbonate de soude, rendus opaques par quelques traces de muriate de plomb. L'oxide de plomb, résidu de cette lessive, avait augmenté environ du 8e de son poids ; il a pris par une chaleur douce une belle couleur de citron, en perdant 0.025 ; il était indissoluble dans l'eau. La soude en a dissous une portion d'oxide, ainsi que l'acide nitrique faible. Ces dissolvans en ont séparé du muriate de plomb pur et cristallin, après lui avoir enlevé de l'oxide de plomb. Enfin, cette masse, résidu du traitement du sel marin par le plomb, s'est présentée avec tous les caractères d'un muriate de plomb contenant un excès d'oxide de ce métal.

Le citoyen Vauquelin conclut de ces expériences, *a.* que la litharge qui a servi à décomposer le sel marin, et qui le décompose en effet complétement quand elle est en quantité suffisante, est un muriate de plomb avec excès d'oxide ; *b.* que les alcalis caustiques ne décomposent pas ce sel, et ne font que le dissoudre ; *c.* que l'attraction du muriate de plomb pour un excès d'oxide de ce métal est la cause de la décomposition du muriate de soude par la *litharge ; d.* que l'excès d'oxide donne au muriate de plomb la propriété de prendre la couleur jaune brillante par la chaleur, propriété que n'a point le muriate de plomb simple ; *e.* que le même excès de plomb le rend insoluble dans l'eau ; *f.* que cet excès peut être enlevé au sel par l'acide nitrique, qui le réduit à l'état de muriate de plomb ordinaire. Il confirme encore ces inductions utiles en prouvant que la soude caustique ne décompose le muriate de plomb commun qu'en le portant à l'état de muriate avec excès d'oxide, si reconnaissable à sa forme pulvérulente, à la couleur jaune que le feu lui communique, à sa

décomposition par l'acide nitrique qui le change en nitrate de plomb et en muriate de plomb simple. Il est donc prouvé que l'oxide de plomb décompose le muriate de soude par une attraction double, celle de cet oxide pour l'acide muriatique, et celle du muriate de plomb pour un excès d'oxide; que cela nécessite une grande quantité de ce dernier pour la décomposition; que les $\frac{5}{6}$ au moins sont employés à former le muriate avec excès d'oxide; que la litharge décompose complétement le sel marin quand elle est en quantité suffisante, tandis que la soude ne décompose jamais le muriate de plomb complétement, et ne fait que le réduire à l'état de muriate avec excès d'oxide, tandis que le carbonate de soude décompose en entier le même sel.

Au reste, le même chimiste a trouvé qu'il y avait de même un sulfate et un nitrate de plomb avec excès d'oxide, et probablement que tous les sels de plomb présentent la même propriété de pouvoir être doubles dans leur proportion; qu'en décomposant le sulfate et le nitrate de plomb par les alcalis, et sur-tout par l'ammoniaque, on en sépare non un oxide, mais un véritable sel avec excès d'oxide. Il soupçonne que la chaux décompose le muriate de soude par le même mécanisme de sursaturation du muriate de chaux dans sa base, et de la surabondance de la chaux; ce qui s'accorde avec ce que j'ai annoncé il y a long-temps sur le résidu de la décomposition du sel ammoniac par la chaux, en l'indiquant comme un muriate calcaire avec excès de base.

La décomposition du muriate ammoniacal par le plomb, et sur-tout par son oxide, est connue depuis long-temps dans les laboratoires de chimie. Les oxides de ce métal, triturés avec le sel dans un mortier et à froid, en dégagent de l'ammoniaque très-sensible par l'odeur vive qui se dégage tout-à-coup. En distillant un mélange d'une partie d'oxide de plomb rouge et de deux parties de muriate d'ammoniaque dans une cornue, on obtient de l'ammoniaque très-pur et très-caustique.

Si le minium a resté long-temps à l'air, il donne un peu de carbonate d'ammoniaque dans cette opération : si l'on emploie du carbonate de plomb natif ou artificiel, on obtient du carbonate ammoniacal cristallisé et sublimé. Le résidu de ces distillations est du muriate de plomb qui ne diffère pas de celui qui est préparé par les procédés indiqués ci-dessus. On employait beaucoup autrefois ce résidu de la décomposition du muriate d'ammoniaque par l'oxide de plomb, on lui attribuait des vertus particulières; il n'a point de différence d'avec le muriate de plomb ordinaire, et ce n'est que comme tel qu'il sert aux diverses opérations où on l'emploie.

69. Le muriate suroxigéné de potasse brûle le plomb avec beaucoup plus d'activité que le nitrate de potasse. Le mélange de trois parties de sel et d'une partie de plomb fulmine par le choc du marteau, et présente une flamme vive. Quand on approche de ce mélange un corps enflammé, il s'allume quoiqu'avec peu d'énergie, et l'on obtient ainsi un oxide de plomb blanc et pur, dont on peut séparer le muriate de potasse par le moyen de l'eau. Les phosphates, les fluates, les borates et les carbonates n'éprouvent aucune altération de la part du plomb, et ne lui en font pas éprouver davantage; on les combine cependant avec les oxides de ce métal par la fusion au chalumeau, et l'on obtient des verres jaunâtres, ou gris opaques, ou transparens.

K. *Usages.*

70. Aucun métal n'est plus employé que le plomb, et malheureusement aucun n'est plus dangereux que lui pour l'économie animale. Les réservoirs, les tuyaux, les vases où l'on conserve ou que traverse l'eau, sont des ennemis qui menacent sans cesse notre santé. De fâcheux exemples ont prouvé que l'usage de ce métal, dans les besoins de la vie, est souvent accompagné de coliques, de jaunisse, de maladies

du foie, de paralysie et d'autres affections d'autant plus fâcheuses que la cause en est souvent plus cachée ou moins soupçonnée. Il serait donc très-sage de proscrire ce métal au moins des usages économiques, dans lesquels il n'est cependant que trop souvent adopté.

71. Les effets délétères qu'il produit chez l'homme et chez les animaux doivent le faire ranger parmi les corps narcotiques ou assoupissans : voilà pourquoi le terme ou la fin de son action vénéneuse est la paralysie, qu'on ne guérit que par des remèdes ou des moyens toniques, excitans, fortifians, et sur-tout par l'électricité, comme on calme les douleurs vives et profondes, l'espèce particulière de colique caractérisée par le vomissement et la rétraction du nombril qu'il occasionne, par des évacuans puissans, tels que les antimoniaux. Il faut rappeler ici que le plomb fait naître les maladies dont on vient de parler, soit lorsqu'il exhale, pendant sa fusion, une vapeur qu'on respire avec l'air, soit par la poussière de ce métal répandue dans l'atmosphère, soit par les molécules que les huiles de peinture entraînent avec elles en séchant, soit enfin par celles que l'eau qui y séjourne en dissout, sur-tout à l'aide de l'acide carbonique. Quels maux affreux ne devait-on pas avoir à redouter, lorsque le vin séjournait dans des vaisseaux de plomb, lorsque coulant à travers une table de ce métal recouvrant les comptoirs dont on se servait autrefois dans les boutiques des marchands de vin, cette liqueur, toujours aigre et très-propre à le dissoudre, se creusait des sillons bien reconnaissables sur les tables, et prenait une douceur perfide en dissolvant ce métal ; lorsqu'on mesurait le vinaigre dans des vases de plomb ! c'est alors qu'on risquait sans cesse d'être empoisonné. L'étain qui contient trop de plomb est aussi nuisible, sur-tout lorsqu'on y enferme ou qu'on y laisse séjourner des liqueurs acides et dissolvantes.

72. Il est difficile de concevoir, d'après cela, quelle impru-

dence ont causée et quel mal ont pu faire ceux des médecins qui ont osé proposer l'usage interne des préparations de plomb dans plusieurs maladies. Les médecins éclairés ne le prescrivent jamais à l'intérieur, et ne l'administrent qu'en topique et comme calmant, anti-inflammatoire, répercussif dans les maladies externes. Ils sont même très-circonspects dans l'administration extérieure de ce médicament; et ils savent qu'en l'employant dans les maladies de la peau qui consistent en boutons ou éruptions quelconques, il est souvent dangereux de guérir ou de refouler dans l'intérieur l'humeur qui s'y porte. Les hommes sans talens et sans lumières, qui prescrivent les applications externes du plomb dans ces maladies, portent la plus terrible atteinte à la sûreté publique; et les véritables médecins sont souvent appelés pour guérir ou calmer les maux produits par l'impéritie et l'audace de pareils hommes. L'expérience et le raisonnement ont prouvé que les préparations sulfureuses sont les plus sûrs moyens de remédier à ces affections.

73. Dans les arts, le plomb est bien plus utile, et n'a pas les terribles inconvéniens qui suivent son usage dans les besoins de la vie. Les couvertures des édifices, les tuyaux de conduite pour les eaux pluviales, les cuves, les réservoirs pour contenir différens bains de teinture, etc., sont les principaux services qu'il rend à la société. On en garnit les chambres où l'on brûle le soufre pour fabriquer l'acide sulfurique. On enduit de ce métal les boîtes où l'on conserve le thé, le tabac, etc. pour prévenir leur dessèchement et les entretenir frais, humides et odorans. Il sert à faire des balles pour l'artillerie.

74. Il est lui-même le sujet employé et modifié de plusieurs manières différentes dans les manufactures. On en prépare, comme je le dirai ailleurs, le blanc de plomb, la céruse, un acétite nommé *sel* ou *sucre de saturne*; on en fait l'oxide rouge ou minium, l'oxide jaune demi-vitrifié ou la litharge:

servent à la verrerie, aux émaux, aux couvertes des porcelaines, des faïences, des poteries, à la préparation des verres colorés, des fausses pierres précieuses. Ils sont employés à l'extraction de la soude, à la fabrication de plusieurs couleurs, et sur-tout de jaunes variés. On le mêle à plusieurs autres oxides pour les rendre vitrifiables ou modifier leurs couleurs.

75. Enfin, c'est un des corps dont les chimistes ont le plus grand besoin dans leurs expériences. Outre les ustensiles qu'il sert à fabriquer, tels que des poids, des cornues, des tubes, des capsules à évaporation lente, des garnitures de cuves pneumato-chimiques, il est employé comme sujet perpétuel d'expériences et de recherches; ses oxides servent d'intermède pour les vitrifications, les dissolutions de réactifs; ses alliages, d'instrumens avantageux; ses attractions deviennent encore des moyens de décompositions et de combinaisons variées.

ARTICLE XVIII.

Du fer.

A. *Histoire.*

1. Le fer, regardé naguère encore par les chimistes comme un métal ignoble et vil, est cependant, de toutes les substances métalliques, la plus importante et la plus utile. Sans lui il n'existerait aucun art; l'homme serait resté dans l'état sauvage, et il aurait disputé sa nourriture corps à corps aux animaux; sans lui il n'y aurait point d'agriculture, et la terre n'obéirait point au soc qui la déchire; sans lui tous les

métaux eux-mêmes seraient nuls pour nous, puisque c'est du fer qu'ils reçoivent leurs formes et leurs dimensions variées. A lui seul il représente presque tous les autres métaux ; il peut en tenir lieu, et aucun métal ne peut le remplacer : si la rareté, le brillant et le peu de destructibilité placent l'or et l'argent avant lui, les services que le fer rend à la société doivent lui concilier plus d'estime auprès des hommes habitués à exercer leur esprit. Il ne brille point, à la vérité, d'un éclat aussi vif ; la nature ne l'a point décoré d'une couleur aussi belle, mais elle lui a donné des propriétés intimes beaucoup plus précieuses : on pourrait même se passer de presque tous les autres métaux ; le fer est, au contraire, indispensable et nécessaire ; la condition humaine serait véritablement misérable sans ce métal, comme le prouve l'histoire de ces peuples chez lesquels l'art de le travailler n'est pas parvenu encore, et qui cèdent avec joie l'or dont leur sol est enrichi, pour des morceaux de fer que des nations plus heureuses et plus policées leur apportent en échange.

2. Aussi le philosophe, en étudiant la marche de l'esprit humain, et en comparant le sort et l'état des nations diverses qui couvrent les différens points du globe, remarque-t-il que le travail du fer semble être la mesure de leur intelligence, de l'avancement de la raison chez elles, et du degré de perfection où les arts y sont parvenus. Considéré sous ce point de vue, et comme donnant aux hommes, par la variété même de ses usages et par les besoins nombreux qu'il satisfait, des jouissances qui leur seraient inconnues sans ces produits de leur industrie, le fer contribue singulièrement à étendre leurs idées, à multiplier leurs connaissances, et à faire marcher leur esprit vers cette perfectibilité que la nature lui a donnée autant comme caractère de l'espèce humaine, que comme source de tous les biens dont elle peut jouir. C'est le fer qui fait le premier instrument des machines, le plus utile mobile de la mécanique. Dans les mains de

l'homme il domine, pour ainsi dire, et maîtrise tous les corps ; on le voit obéir successivement à sa puissance, et changer de forme et de propriétés par l'influence perpétuelle qu'il exerce sur eux. En un mot il est l'ame de tous les arts, la source de presque tous les biens ; et la perfection de son travail est par-tout le terme de l'intelligence, comme le type du bonheur et du bien-être dont l'homme peut jouir sur la terre. Il semble que la nature ait attaché d'une manière particulière le sort de l'humanité aux nombreuses propriétés du fer, en l'offrant dans presque tous les lieux, répandu avec une grande profusion, presque toujours à la surface du globe, facile à reconnaître, à trouver, et non caché dans ses entrailles, comme le sont plus ou moins profondément la plupart des autres substances métalliques. Si les poètes ont caractérisé la première époque de la corruption et de la misère de l'homme par le nom de siècle de fer, les philosophes ont vu, au contraire, l'époque où ce métal a été travaillé comme un véritable renouvellement de l'espèce humaine : pour eux, les biens sans nombre que ce travail lui a procurés l'emportent beaucoup sur la difficulté et la dureté même des travaux nécessaires pour se le procurer.

3. Quoique mille faits de l'histoire prouvent que les anciens n'ont pas su travailler le fer comme les peuples modernes, les historiens de la chimie ont placé le berceau de leur science chez les premiers forgerons, dont ils ont admis l'existence presque aux premiers âges du monde. On croit communément, dans les annales politiques des peuples, que les anciens se servaient beaucoup plus du cuivre que du fer, parce que les traces de leur existence et les débris enfouis de leur industrie, comme les monumens littéraires de leurs usages, nous montrent en cuivre la plupart des instrumens et des ustensiles qu'on fabrique en fer dans les temps modernes. Mais on n'a point assez compté, dans cette appréciation des arts anciens, sur la destructibilité si facile du fer,

comparée à l'indestructibilité ou au moins à la durabilité beaucoup plus grande du cuivre et de ses alliages. Sans doute les Grecs et les Romains employaient beaucoup moins souvent le fer que le cuivre dans la plupart des circonstances de la vie ; on le prouve par les meubles de tous les genres que les recherches et les fouilles faites dans le sol des lieux qu'ils ont habités nous font découvrir chaque jour. Mais si la rouille, en détruisant leurs ustensiles et leurs machines de fer, et en respectant ceux d'airain ou de cuivre, semble laisser tout l'avantage aux derniers sur les premiers, trop de passages dans les écrits de leurs historiens, de leurs poètes, de leurs orateurs et de leurs philosophes parvenus jusqu'à nous, prouvent qu'ils ont su travailler le fer, lui donner des états et des formes variés, pour que nous doutions du degré d'avancement où ils s'étaient élevés dans ce genre. Les combats, si fréquens et si meurtriers où le fer armait leurs bras, en seraient seuls une preuve sans réplique, quand même une foule de monumens ne nous la fournirait pas.

4. Les alchimistes ont qualifié le fer du nom de Mars, en le consacrant au Dieu de la guerre dont il a toujours servi les fureurs, et égalé, en quelque sorte, la dureté. Son signe caractéristique, comme celui de la planète, était un cercle surmonté du signe prolongé de l'âcre ou du corrosif, ou d'une espèce de fer de flèche penché à droite. Les alchimistes voulaient dire par là qu'avec l'annonce de l'or qu'ils croyaient y être contenu, mais profondément caché, le fer portait avec lui une âcreté qui y était, en quelque manière, surabondante, très-prononcée, dominante : aussi était-ce cette qualité qui se présentait la première dans ce signe, et qui y jouait le principal rôle. De la dénomination de Mars donnée au fer devait découler naturellement celle de *martiales*, qui a été successivement attribuée aux préparations nombreuses qu'on a faites avec ce métal. Il n'en est pas, en effet, qu'on ait plus tourmenté par les agens chimiques, qu'on ait

soumis à plus d'expériences et de recherches ; et la liste des composés ferrugineux et des formes variées qu'on a su lui faire prendre pour l'approprier aux maladies, serait aussi longue que fastidieuse, et déplacée dans l'état actuel de la science. Les adeptes avaient même fondé beaucoup plus d'espérances et conçu des projets bien plus ambitieux sur les propriétés médicinales, et même sur la médecine universelle, tirées du fer, que les alchimistes n'en avaient par rapport à leur fol et chimérique espoir de le faire servir à la découverte du *grand œuvre* ou de la pierre philosophale. Si les prétentions des uns et des autres ont été également trompées, comme il était facile de le présumer, leurs laborieuses recherches n'ont point été sans fruit et sans avantage pour la chimie. Ici sur-tout, en ne trouvant jamais ce qu'ils ont tant cherché, ils ont trouvé souvent ce qu'ils ne cherchaient pas ; et tout éloignés qu'ils ont été du but de leurs travaux, ils se sont rapprochés de celui des vrais philosophes, des véritables savans.

5. Les auteurs systématiques de chimie ont profité de ces efforts si pénibles ; ils ont rapproché les découvertes échappées en quelque manière des mains des alchimistes et des adeptes ; ils ont recueilli et comparé les faits que ceux-ci avaient si laborieusement observés ; ils en ont tiré des résultats généraux sur les propriétés du fer ; ils les ont réunis méthodiquement, et ils en ont composé un système régulier, en y ajoutant les observations également nombreuses et utiles des minéralogistes, des docimastiques et des métallurgistes, qui, de leur côté, ont aussi singulièrement multiplié les travaux sur les différens états de ce métal, sur ses combinaisons naturelles, sur les moyens de l'en séparer, de l'obtenir pur, ou de lui donner les propriétés si variées qui rendent son histoire si remarquable, ainsi que ses usages si importans. Voilà comment se sont formées ces immenses collections de faits que comprend l'étude du fer, et qu'on trouve réunis ou rapprochés dans plusieurs

ouvrages écrits *ex professo* sur ce métal ; car il n'en est aucun qui ait eu plus d'auteurs monographes, tels que Swedenborg, Bouchu et Courtivron, Réaumur, Rinman, Bergman, et une foule d'autres qu'il serait inutile de nommer ici.

6. A toutes les époques de la science chimique, et dans les diverses révolutions qu'elle a éprouvées, le fer a été l'objet spécial de travaux plus ou moins complets, et le sujet de découvertes plus ou moins précieuses. Lié de même aux principaux et aux plus grands événemens de la physique, il a joué encore le rôle le plus important dans la découverte de la boussole, et conséquemment de la navigation. Il est le seul métal qu'on a cru fabriquer de toutes pièces, et composer immédiatement par l'union de la terre et du feu. Trouvé dans chaque analyse exacte, à quelque classe de corps qu'elle ait appartenue, et marqué de toutes les couleurs possibles par les procédés de l'art chimique, on l'a regardé comme un des principes primitifs et nécessaires des corps ; on l'a vu comme la partie colorante des pierres, depuis les plus précieuses jusqu'aux plus communes, comme nuançant toutes les couleurs sombres ou éclatantes des fleurs et des matières végétales, comme teignant de sa pourpre riche et brillante le sang des animaux. Non contens de le caractériser par sa propriété exclusive d'être susceptible du magnétisme, d'être le réservoir du fluide auquel on attribue cette force, et d'animer ainsi en quelque manière les minéraux, quoiqu'il soit bien reconnu aujourd'hui que le cobalt et le nickel partagent avec lui cette étonnante propriété, les physiciens ont suivi et reconnu le fer dans les filières des plantes ; ils l'ont retrouvé dans leurs cendres ; ils l'ont désigné comme la cause de leur coloration : et en le montrant également dans le tissu des matières animales, ils ont été jusqu'à lui attribuer en tout ou en partie l'existence de cette puissance active et toujours incompréhensible qui entretient la vie des animaux ; et si les expériences neuves et délicates de Schéele ne nous avaient pas appris que le manganèse qui l'accom-

pagne presque toujours, partage encore ici cette propriété avec lui, il aurait été permis de dire, non-seulement comme le dit le citoyen Haüy en parlant des minéraux, que lorsque la nature prenait le pinceau, c'était toujours le fer qui garnissait sa palette, mais encore que lorsqu'elle voulait peindre les plantes, leur donner ces tons si variés qui attirent nos regards, et même échauffer et mouvoir les organes des animaux, le fer était toujours l'agent, l'instrument, le mobile que la nature chargeait de ces fonctions importantes.

7. Le nombre des chimistes qui ont fait des découvertes sur le fer, ou qui en ont examiné successivement les propriétés et les combinaisons, est si considérable, qu'il serait impossible de les présenter ici; et que quand on voudrait se livrer à cette longue énumération, il n'en résulterait aucun avantage réel. Il est bien plus essentiel de savoir en général que presque tous les chimistes ont ajouté, les uns après les autres, quelques faits à son histoire, et qu'il n'en est presqu'aucun qui, depuis la fin du siècle dernier, n'ait eu occasion, dans la suite de ses travaux, de voir quelque chose de nouveau ou de particulier sur ce métal; que parmi ces hommes laborieux, il faut sur-tout distinguer Lemery, Stahl, Geoffroy, Hellot, Macquer, Monnet, Baumé, Bayen, Schéele, Bergman et Rinman, qui ont fait les travaux les plus considérables, les recherches les plus suivies, ou les découvertes les plus précieuses sur le fer; que lors de la naissance de la doctrine pneumatique, Lavoisier et le citoyen Berthollet ont lié, par des rapprochemens ingénieux, autant que par des expériences exactes, tous les faits anciennement connus aux bases de la théorie moderne; que ces faits ont servi aux chimistes français de preuves encore plus fortes et plus convaincantes de leur doctrine; que toutes les découvertes qui ont été faites depuis et sur-tout celles des citoyens Monge, Vandermonde et Berthollet, sur les principaux états du fer, et sur la substance nommée jusqu'à eux plombagine, ainsi que celles de M. Ingenhousz sur la

combustion du fer dans le gaz oxigène, de M. Vanmarum sur son inflammation par l'étincelle foudroyante de l'électricité; du citoyen Delarbre sur le fer de Volvic, du citoyen Vauquelin sur celui de l'isle d'Elbe, etc., ont encore ajouté à l'évidence, et à la solidité des preuves déja accumulées sur la vérité de cette doctrine; et qu'enfin, comme on le verra dans tout cet article, l'histoire du fer a beaucoup gagné de clarté, de précision et d'assurance, par les applications exactes qu'on en peut faire sans cesse à la théorie pneumatique.

8. Ce qui distingue le plus le fer de toutes les autres substances métalliques; ce qui rend son histoire même littéraire, plus longue et souvent plus embarrassée; ce qui semble même quelquefois présenter dans la composition des faits qui lui appartiennent des contradictions ou des oppositions difficiles à concilier au premier abord, c'est que ce métal peut être et se trouve souvent dans plusieurs états très-différens les uns des autres; c'est que, dans chacun de ses états, il semble être très-différent de lui-même, présenter des propriétés disparates, et jouer le rôle de plusieurs substances métalliques diverses. Aussi Bergman, un des chimistes qui a le plus envisagé la science en philosophe, a-t-il douté, après un examen approfondi, si on ne devait pas le regarder comme faisant à lui seul plusieurs métaux plus différens même entre eux, que ne le sont quelques-uns de ceux que l'on distingue le plus généralement, et si sous ce point de vue le cobalt, le nickel et le platine n'étaient pas mêmes des espèces de fer. Tout le monde sait qu'on distingue, par leurs propriétés comme par leurs usages, la fonte ou le fer coulé, le fer proprement dit ou le fer forgé, enfin l'acier. Dans chacun de ces trois états, le fer présente encore un grand nombre de variétés, qui diffèrent plus ou moins entre elles par plusieurs de leurs qualités comparées. Voilà pourquoi le fer, qui dans tous les états, varie par sa couleur, son tissu, sa dureté, sa ténacité, sa ductilité, sa pesanteur, remplit tant de fonctions

différentes dans les arts, et tient lieu de beaucoup de substances métalliques différentes. Mais, malgré ses nombreuses variétés, il est bien reconnu aujourd'hui qu'il n'y a qu'une espèce de fer; que lorsqu'il est bien pur, il est toujours le même; que dans ses divers états, il est combiné ou allié à plusieurs substances différentes; qu'il faut regarder ces états ou ces modifications comme des composés particuliers, les examiner au rang qu'ils doivent occuper dans l'ordre de leur composition. Ainsi je traiterai du fer proprement dit, du fer pur doux et ductile dans cet article; et les variétés de fer cassant à chaud et à froid, de diverses fontes, de divers aciers, seront traitées dans son histoire comme de véritables combinaisons qui s'offriront d'elles-mêmes à mon examen, dans la série méthodique des faits dont cette histoire sera composée.

B. *Propriétés physiques.*

9. Le fer a un brillant métallique qui lui est particulier. Quand on veut décrire sa couleur on est obligé de dire qu'elle est blanche, un peu livide, tirant sur le gris et sur le bleu. Dans son tissu, on le trouve formé de petits filets fibreux ou de petits grains et de petites lames très-serrées. Tillet dit cependant qu'au microscope, on y voit un grand nombre de pores ou de petites cavités, plus sensibles que dans le cuivre. Il paraît que son tissu intérieur visible par sa cassure plus ou moins fibreuse, grenue ou lamelleuse, dépend beaucoup du mode de son refroidissement, de la pression qu'il a éprouvée, de la manière dont il a été traité, de la chaleur à laquelle il a été forgé ou frappé, comme on va le voir d'ailleurs dans l'examen de toutes ses autres propriétés physiques qu'on trouve également variables dans des termes plus ou moins étendus.

10. La pesanteur du fer, dont le terme moyen est en général 7.600, varie en effet entre de certaines limites, comme on le voit en consultant les résultats donnés par Muschen-

broëck, Swedenborg, Brisson, et plusieurs autres physiciens. On trouve dans ces résultats nombreux, depuis 7.600 jusqu'à 7.895, et même 8.166; il est placé immédiatement après l'étain. La dureté de ce métal est la plus forte connue parmi les substances de cet ordre; aussi les auteurs lui attribuent-ils le premier rang par cette propriété. On s'en sert, en raison de sa dureté, pour user, tailler, couper, sculpter et limer la plupart des corps naturels, les pierres, les bois, et sur-tout les autres métaux. Il est aussi le plus élastique des métaux; aussi est-il préféré à tous pour la fabrication des ressorts de tous genres, et il semble même donner le type et le premier terme de cette propriété.

11. La ductilité du fer est aussi très-considérable; mais elle est en quelque sorte d'un genre particulier, ou plutôt elle est limitée par son excessive dureté ou par la cohésion de ses molécules. Quoique celles-ci aient bien plus de consistance que celles de la plupart des substances métalliques, on ne peut pas en faire des lames aussi minces qu'on en fabrique avec plusieurs de ces dernières; il y a loin en effet de la plus petite épaisseur des tôles les plus faibles aux feuilles de plomb et d'étain. Aussi ne donne-t-on communément au fer que le quatrième rang parmi les métaux pour sa ductilité, et en lui accordant même cette place on compare sa ductilité à la filière, à sa malléabilité. Celle-ci étant très-bornée à cause de sa fermeté, la première va beaucoup plus loin. On sait qu'on fait des fils de fer très-fins, et presque aussi tenus que des cheveux, puisqu'on en a fabriqué des perruques; on sait encore qu'un fil de ce métal, d'un dixième de pouce de diamètre, supporte un poids de quatre cent cinquante livres avant de se rompre, ce qu'un autre métal ne peut faire, même le cuivre et le platine, qui s'en rapprochent le plus. Muschenbroëck, en examinant un parallélipipède de fer d'un dixième de pouce de diamètre, a été obligé d'employer, pour le rompre, une force de sept cent quarante livres; et il remarque, à cette occa-

sion, qu'un pareil morceau de fer, forgé avec des clous de maréchal qui étaient restés quelque temps enfermés dans l'ongle d'un cheval, ne lui a pas présenté une plus grande ténacité : cette opinion est donc un préjugé dont l'origine naturelle ne peut être que la bonté et la pureté du fer employé pour la fabrication de ces clous.

12. Tout le monde connaît la promptitude avec laquelle le fer s'échauffe, et la grande force qu'a ce métal comme conducteur du calorique. Quoiqu'on n'ait point encore de terme exact de comparaison de cette propriété du fer avec celle des autres matières métalliques, il paraît qu'elle est assez faible dans le fer. Il résulte en effet des expériences de Muschenbroëck sur la dilatabilité de ces corps par la chaleur, qu'un fil de fer prenait par celle de l'eau bouillante une dilatation exprimée par 73, tandis qu'un même fil (en volume) de plomb donnait 164 ; d'étain, 124 ; de cuivre, 84. Cassini a estimé le rapport de la dilatabilité du fer à celle du cuivre : : 10 : 17 ou : : 27 : 46. G. Juan, en exposant des verges ou barres de différens corps de trois pieds de longueur aux rayons du soleil, au Pérou, et tandis que le thermomètre à mercure s'élevait à 10 degrés à la graduation de Réaumur, a vu le fer se dilater de 0.13 $\frac{1}{4}$ de ligne ; l'acier, de 0.12 $\frac{1}{5}$; le cuivre, de 0.19 $\frac{1}{4}$; le verre, de 0.03 $\frac{1}{4}$; et une pierre seulement, de 0.02. Muschenbroëck a conclu de ces expériences rapprochées, que, parmi les métaux, l'étain était celui de tous qui se dilatait le plus vîte, et que venaient ensuite et successivement le plomb, l'argent, le cuivre et le fer.

13. Le fer est un des métaux les plus infusibles ; il passait autrefois pour le plus difficile à fondre : mais l'on sait aujourd'hui positivement que le manganèse et le platine exigent une température plus élevée ou une accumulation de calorique plus considérable que lui pour être mis en fusion. On estime sa fusion à 130 degrés du thermomètre ou pyromètre d'alumine de Weedgwood. Mortimer indiquait cette tempé-

rature à 1600 degrés sans doute de la graduation de Farenheit. Le fer est rouge long-temps avant de se fondre ; et l'on distingue dans les arts au moins quatre degrés de rougeur dans le fer : le premier est le *rouge obscur ;* le second, le *rouge cerise ;* le troisième, le *rouge éclatant ;* et le quatrième, le *rouge blanc*, que l'on désigne par le mot *incandescence*. Les physiciens ont observé depuis long-temps que la percussion forte pouvait faire rougir le fer. Après Boyle, qui, le premier, a insisté sur ce phénomène, le Journal de Breslaw a fait mention d'un ouvrier qui, en cinq ou six coups de marteau, faisait rougir le fer : et Swedenborg a remarqué qu'un morceau carré plat de ce métal rougissait facilement si on le frappait sur une enclume par ses faces plattes et non sur ses bords ou ses angles. Il est presque superflu d'observer ici que la chaleur produite par la percussion du fer est l'effet du calorique comprimé, qui suinte de toutes parts des molécules refoulées et rapprochées du fer, et que la couleur rouge qu'il prend par la suite de ces percussions n'est que la même matière qui, beaucoup plus condensée, et douée d'un mouvement bien plus rapide, s'élance à travers les pores du fer, et fait naître à nos yeux la sensation de lumière.

14. Le fer fondu et coulant a plusieurs degrés de liquidité, pâteuse ou molle, et mobile à son autre extrême, presque comme l'eau elle-même. Il faut observer que tous les ouvriers qui travaillent le fer ne le croient point susceptible de se fondre, et qu'ils semblent, à cet égard, être en contradiction avec les physiciens. Cela vient de ce qu'en effet, dans les arts, on ne fond jamais le fer sans qu'il éprouve une combustion plus ou moins avancée, et conséquemment une altération plus ou moins forte, sans qu'après sa fusion il ne soit plus du fer proprement dit : car les ouvriers distinguent, avec une grande précision et une grande finesse, les divers états du fer, parce que c'est à ces divers états que sont dues les propriétés circonscrites ou particulières qu'ils y recherchent.

Dans les opérations de chimie, au contraire, on fond de petites portions de fer dans des vases exactement fermés de telle manière qu'il ne lui arrive aucun changement ; et c'est de cette fusion en petit, toujours impraticable en grand, que les chimistes veulent parler. Quand le fer y est amené, il ne paraît pas qu'il soit sensiblement volatil, ou au moins il faut un feu énorme pour le sublimer ; s'il se refroidit lentement, il cristallise en octaèdres réguliers qui s'implantent les uns sur les autres, et forment des espèces de végétations ou de dendrites très-agréables. Quelquefois la nature les présente sous cette forme, mais dans un état de combinaison.

15. Le fer est rapidement parcouru par le fluide électrique ; c'est un des meilleurs conducteurs de l'électricité que l'on connaisse : aussi depuis les découvertes de Franklin sur l'identité de la foudre atmosphérique et de l'étincelle, est-il employé, avec grand succès, pour fabriquer les conducteurs élevés dans l'air au dessus des édifices, des vaisseaux, nommés *paratonnerres*, et destinés, par les pointes dorées et inaltérables qui les terminent, à soutirer sans fracas, et à transporter rapidement la matière électrique dans la terre ou dans l'eau, où ils aboutissent par leur extrémité inférieure. On a observé depuis long-temps que du fer placé ainsi verticalement et dans une partie élevée de l'atmosphère, qui y a séjourné long-temps, ou qui a été frappé de la foudre, a pris les propriétés et même la polarité magnétiques. Si le fer est frappé dans l'air de l'étincelle électrique foudroyante, il s'enflamme ; mais ce phénomène appartenant à l'histoire de sa combustion, j'en parlerai en son lieu.

16. Le magnétisme est une des propriétés les plus caractérisées et en même temps les plus singulières du fer. Long-temps on l'a cru particulière et individuelle dans ce métal ; mais il est aujourd'hui bien prouvé que le cobalt et le nickel en jouissent comme le fer. Cependant toutes les expériences relatives au magnétisme de ces deux derniers métaux, n'ayant

point encore été faites, ni avec la même exactitude, ni avec la même étendue que sur le fer, ce n'est encore que sur celui-ci qu'on a bien observé les principaux phénomènes de cette force. Voici les principaux faits qui, dans l'étude du magnétisme du fer, doivent intéresser le naturaliste et le chimiste, et dont en conséquence le citoyen Haüy a donné l'exposition, à l'article des mines de fer, de l'extrait de son grand ouvrage de minéralogie.

A. C'est du globe terrestre qu'émanent les forces qui dirigent le fer suspendu librement; et plusieurs physiciens pensent que ces forces ont leur siége dans un corps particulier placé au centre du globe, faisant fonction d'un aimant très-puissant.

B. Les forces qui tirent une aiguille aimantée dans des sens opposés, vers le nord et vers le midi, sont égales, comme le citoyen Coulomb l'a vérifié, en trouvant exactement le même poids dans une aiguille aimantée que dans cette aiguille, avant de l'avoir aimantée.

C. On a quelquefois observé que des morceaux d'aimant récemment extraits de la terre, et laïssés dans la même position où ils étaient avant leur extraction, avaient leurs poles situés en sens inverse de celui qui aurait dû avoir lieu dans l'hypothèse où ils auraient acquis leur magnétisme par l'action d'un aimant situé au centre du globe. AEpinus a élevé cette difficulté, en supposant dans les mines d'aimant, comme on l'observe dans les fers aimantés artificiellement, ce qu'il nomme des *points conséquens*, c'est-à-dire une suite de poles contraires formés dans un court espace par l'engorgement et l'accumulation du fluide magnétique; série qui peut exister dans un fragment de mine détachée : de sorte que les deux poles qui le terminent soient autrement tournés que dans les morceaux chargés ou armés du magnétisme ordinaire.

D. Le magnétisme n'existe que dans le fer métallique ou dans le fer très-peu oxidé; mais il ne faut pas juger de son

absence ou de sa modification dans des morceaux, par des barreaux trop forts, parce que la force de ceux-ci peut détruire le magnétisme de ces morceaux; puisqu'en prenant pour essayer ces morceaux des aiguilles suspendues très-faibles, comme l'a fait le citoyen Haüy, alors ils deviennent tous des aimans.

E. Il est possible que des mines de fer aient échappé à l'action magnétique du globe, si elles ont été situées de manière que leur axe fût perpendiculaire à la direction du méridien magnétique de leur lieu natal.

F. Il y a beaucoup de variétés dans l'énergie des forces aimantaires des mines de fer; et pour ne pas tirer une conclusion opposée à la vérité, il ne faut pas se borner à une seule observation : il faut les multiplier assez, soit par rapport au barreau aimanté ou à l'aiguille aimantée dont on se sert, soit par rapport à la position respective du morceau qu'on examine, et du barreau ou de l'aiguille qui sert à en déterminer l'état.

G. Tous les morceaux de fer enfoncés dans la terre, et non surchargés d'oxigène, sont des aimans naturels dont les degrés de force varient dans des limites très-étendues : en sorte que l'on ne doit pas faire une espèce à part de l'aimant en minéralogie; vérité nouvelle et bien différente de ce que pensaient autrefois les minéralogistes.

17. Le fer est un très-bon conducteur de l'électricité animale, connue aujourd'hui sous le nom de *galvanisme* et il doit influer, par cette propriété remarquable, sur la vie et les mouvemens des animaux vivans : aussi, malgré le peu de confiance que méritent, de la part des hommes éclairés, l'aveugle enthousiasme et l'audacieux empirisme qui ont tant annoncé de qualités ou de vertus merveilleuses dans les applications extérieures et dans les pointes de fer suspendues ou promenées à une distance plus ou moins grande des corps, ou même posées très-près de quelques-unes de ses régions,

on ne peut nier, et on n'a point encore convenablement apprécié les effets que ces applications bien dirigées et réunies à celles d'autres plaques métalliques communiquant avec les premières, pourront produire sur les animaux, lorsqu'on sera plus éclairé qu'on ne l'est encore sur la marche et les phénomènes de la nouvelle modification de l'irritabilité vivante qu'on a découverte il y a quelques années en Italie. Il faut encore multiplier et varier beaucoup les expériences et les tentatives sur cette force si remarquable de la vie, avant de pouvoir prendre un parti à cet égard.

18. La saveur et l'odeur sont encore deux propriétés très-distinctes et très-prononcées dans le fer. Il suffit d'en tenir quelque temps dans la main, et de porter ensuite cette partie à peu de distance du nez, pour reconnaître sa qualité odorante. Quelque légèrement qu'on l'ait touché, ce métal laisse toujours sur la peau une couche légère qui suffit pour avertir de sa présence par l'impression qu'elle fait sur les nerfs olfactifs ; et comme, quand elle devient sensible dans cette circonstance, il n'y a point une application immédiate du fer sur les nerfs, il s'ensuit nécessairement que les molécules du fer sont transportées par le courant d'air sur la membrane nerveuse olfactive : ainsi l'on doit en conclure que ce métal est entouré d'une atmosphère qui en tient en dissolution, et qui en est saturée. Sa saveur est assez forte pour exciter l'impression d'un âcre ou d'un astringent dans la bouche, quand on l'y tient pendant quelque temps. Les médecins attribuent avec raison les propriétés médicamenteuses dont jouit le fer à l'action que cette saveur exerce sur les membranes irritables et sur les nerfs de l'estomac et des intestins. Il ne faut pas confondre cet effet dû à l'état métallique avec celui que produisent les oxides de fer, qui portent, comme beaucoup d'autres oxides métalliques, l'énergie vivifiante et sthénique de ce principe sur tous les organes incitables ou excitables de l'économie animale vivante : mais il ne faut pas oublier non

plus que ces deux forces agissent simultanément dans les viscères, lorsqu'on administre la plupart des préparations médicinales.

19. Outre que le fer est le seul métal qui rougisse par la pression et le frottement violens, et qui, à raison de cette propriété, s'embrase et s'enflamme dans l'air, quand il est frappé fortement par le choc des pierres dures ; il jouit encore presque exclusivement de la propriété de passer promptement dans les dernières ramifications vasculaires des animaux vivans, de se filtrer par les pores des racines dans les plantes, et par les organes chylifères, jusque dans les vaisseaux sanguins des animaux ; de contribuer à la coloration de leurs humeurs ; de se fixer dans leurs solides ; d'entrer, comme partie constituante, dans leur nutrition, et de jouer un rôle dans la composition même de leurs organes. Le moins ennemi, parmi toutes les substances métalliques, de la faculté vitale, il va porter son énergie stimulante jusqu'aux dernières fibrilles sensibles et irritables. Il n'a rien de vénéneux, et il ne fait qu'augmenter l'activité et la force du principe vital. Il doit même être porté, comme principe constituant, à une proportion déterminée dans la composition des substances organiques. Quelques physiologistes ont cru qu'il était formé par les organes des animaux, et ils en ont cité pour preuve la première composition du sang dans les œufs des oiseaux pendant l'incubation, composition accompagnée de fer dès le premier instant qu'il y a du sang apparent avec sa couleur rouge : tandis que, suivant eux, on ne trouve pas la moindre trace de ce métal dans l'œuf avant cette apparition de la liqueur pourpre sanguine ; mais il n'est pas encore rigoureusement prouvé ni que l'œuf non couvé ne contienne pas du fer, ni que le sang du poulet, au moment de sa première composition, en contienne réellement.

C. *Histoire naturelle.*

20. La nature, comme je l'ai déja dit plus haut, a répandu le fer avec une abondance libérale sur presque tous les points du globe; et rien n'est en effet plus fréquent parmi les productions fossiles que les mines de ce métal. On dirait, en voyant cette libéralité, qu'elle a voulu avertir l'homme des grands avantages qu'il peut retirer de ces mines, et qu'elle les lui offre à la surface de la terre pour attirer plus promptement et plus sûrement ses regards, pour l'engager à les recueillir et à les traiter de manière à obtenir le métal qu'elles recèlent. Elle a de plus singulièrement varié les formes de ces mines, leur couleur, leur tissu, leur composition: aussi les collections minéralogiques sont-elles ordinairement multipliées dans ce genre, et offrent-elles à l'œil le spectacle de nombreuses et de riches variétés. On conçoit facilement d'après cela que, dans leurs classifications méthodiques, fondées sur les formes, les couleurs et les tissus, plutôt que sur la nature intime, les minéralogistes ont dû reconnaître un grand nombre d'espèces de mines de fer. Il est en effet plusieurs ouvrages modernes encore, dans lesquels on compte plus de trente espèces différentes. Mais l'examen chimique qu'on en a fait depuis quelques années permet de poser des limites certaines à cette vague et ancienne détermination des espèces, de resserrer leur nombre dans un cercle plus étroit, d'après la connaissance plus exacte de leur composition; de disposer dans un ordre précis et naturel ces mêmes espèces, et de jeter dans la série presqu'indéterminée des variétés les différences qui, pour la plupart d'entre elles, ne consistent presque jamais que dans des nuances plus ou moins légères de leurs propriétés.

21. Après avoir fait remarquer que le fer est peut-être de tous les métaux celui dont les mines présentent le plus grand

nombre de différences ou de variations dans leur nature, dont les compositions naturelles sont les plus disparates et les plus diversifiées; après avoir répété ici sur-tout qu'il ne faut ranger parmi les vraies mines de ce métal que celles où sa quantité est si abondante qu'on peut les exploiter avec avantage, ou qu'il fait au moins la base de leur composition; condition sans l'admission de laquelle on serait bientôt forcé de multiplier à l'infini ces mines, et de regarder presque tous les fossiles comme leur appartenant : j'observerai que c'est spécialement dans la distinction de ces nombreux minéraux que la méthode établie dans l'article général de l'histoire des métaux offre le plus d'avantages et promet le plus de clarté. Les cinq états principaux qui ont été établis pour la généralité des mines métalliques peuvent être admis pour la distinction des mines de fer, 1°. celui du métal natif; 2°. celui de ses alliages; 3°. ses combinaisons avec des corps combustibles, autres que des métaux; 4°. l'état de son oxide; 5°. celui de ses sels. Dans chacun de ces états, comme dans autant de genres, viennent se ranger d'elles-mêmes les espèces et les variétés des mines de fer que les naturalistes ont découvertes, quelque nombreuses et quelque diversifiées qu'elles soient.

22. Quoique l'existence du fer natif soit encore une espèce de problème irrésolu parmi les minéralogistes, et quoiqu'il soit très-naturel de penser, avec les plus célèbres d'entre eux, que les morceaux isolés qu'on a désignés sous ce nom ne sont que les produits accidentels d'anciennes fontes ou de feux souterrains, il est cependant nécessaire de savoir que Margraff dit en avoir trouvé en filons à Libenstock en Saxe, qu'Adamson assure qu'il est commun au Sénégal, et que Pallas en a découvert en Sibérie une masse du poids de 1600 livres. Dans ce bloc, à la vérité, on trouve des cavités qui annoncent une fusion et un boursouflement; et cependant, suivant les justes observations de Bergman, elle présente plusieurs preuves qu'elle n'a point été fondue par l'art. Outre

sa situation, qui l'annonce, la pierre qui en remplit les cavités est très-différente du *laitier* ou scorie des fourneaux; le fer en est très-malléable à froid ou à une médiocre température; mais il devient cassant à la chaleur rouge; il se comporte dans tous les essais comme du fer forgé; il donne du gaz hidrogène sulfuré par l'acide muriatique.

23. Il est très-rare de rencontrer du fer allié avec d'autres matières métalliques en assez grande proportion pour qu'on puisse regarder cette espèce d'alliage comme appartenant aux mines de ce métal. Je ne connais encore en ce genre que celle que le citoyen Haüy comprend dans sa quatrième espèce sous la dénomination de *fer arsenié*. C'est aussi l'espèce du prétendu *mispickel*, ou de mine de fer arsenicale que Romé-Delisle nommait improprement *mine d'arsenic blanche*, et que d'autres minéralogistes ont désignée par la phrase *de fer natif mêlé d'arsenic*. Quoique quelques-uns d'entre eux, et sur-tout de Born, aient cru que cette mine était une triple combinaison d'arsenic de fer et de soufre, ce dernier lui-même a cité dans sa description un cas où la quantité de soufre y est, suivant lui, très-petite. Quelquefois cet alliage naturel est argentifère, et alors on l'a nommé *mine d'argent blanche* : c'est le *weisserz* des Saxons. Le caractère bien prononcé de ce métal allié, qui est d'un gris blanc brillant, d'un tissu lamelleux et cassant, est de présenter des cristaux en prismes droits à bases rhombes, dont les angles sont d'environ 103 et 77 degrés; forme qui est celle de sa molécule intégrante et de son noyau. Elle est quelquefois modifiée par un sommet dièdre, à faces triangulaires réunies sur une arête parallèle à la petite diagonale du rhombe. La surface de ces triangles, inclinés l'un vers l'autre de 150 degrés environ, est striée dans un sens parallèle à l'arête qui leur sert de base. Il ne faut pas confondre cette mine avec la véritable *pyrite arsenicale* dont je parlerai plus bas, et qui en diffère par plusieurs caractères essentiels comme par sa composition.

24. Dans l'ordre des combinaisons naturelles du fer avec des corps combustibles, autres que des métaux, on n'a encore reconnu et bien analysé que celles qu'il offre avec le carbone et avec le soufre. A ces deux composés, il est permis de soupçonner que la chimie pourra réunir quelque jour celui du fer avec le phosphore, qu'on peut soupçonner existant dans la nature, mais qui n'y a point encore été trouvé. Le carbure et le sulfure de fer méritent chacun la qualification de véritables espèces de mines de fer ou de fer minéralisé, quoiqu'on ne traite que bien rarement celui-ci, et jamais le premier, pour en obtenir le métal, mais parce que, dans un ordre systématique, on ne peut rapporter à aucun autre ordre de corps ces composés métallifères.

Le carbure de fer connu autrefois sous le nom de *mine de plomb*, *crayon noir*, *potelot*, *plomb de mer*, *céruse noire*, *fausse galène*, *mica* ou *talc des peintres*, et confondu avec le sulfure de molybdène, à cause de quelques analogies dans la forme, la couleur, le tissu, et même dans les usages, a été d'abord analysé par Schéele qui a saisi le premier son rapport avec le charbon et sa nature ferrugineuse, et ensuite bien déterminé dans sa nature par les citoyens Vandermonde, Berthollet et Monge, comme une combinaison de 0.90 de carbone et de 0.10 de fer. On le trouve en rognons, en petites couches, ou même en filons plus ou moins considérables, dans les montagnes primitives, entre des lits de quartz, de feld-spath, d'argile, de craie; aux Pyrénées, en Espagne, en Allemagne. On le rencontre et on l'exploite très-pur et très-doux dans le Cumberland, en Angleterre. L'Amérique et l'Afrique en contiennent aussi. Il est susceptible de cristalliser en octaèdres; il est d'une couleur grise foncée ou bleue noirâtre, métallique, luisante, gras au toucher, d'une cassure tuberculeuse; il noircit très-facilement les mains, se broie en une poussière fine et douce, très-adhérente aux corps par le seul frottement, et laisse sur le papier et les corps blancs en général

une trace noirâtre que tout le monde connaît dans le crayon noir. Il brûle, quand il est tenu rouge pendant long-temps, et laisse après sa combustion, et en donnant beaucoup d'acide carbonique, un oxide de fer rougeâtre. L'eau passée à travers ce carbure rouge le brûle aussi en se décomposant et en donnant du gaz acide carbonique ; ils ne servent qu'à le purifier, en dissolvant l'alumine et le fer qui y sont souvent mélangés. Il décompose les sulfates, et les change en sulfures ; il brûle à l'aide du nitrate de potasse qui le fait détoner, bien mieux encore avec le muriate suroxigéné de potasse, qui sert à en faire connaître très-exactement la nature ; il sert à faire des crayons, à adoucir le frottement des rouages métalliques ou de bois, à recouvrir et défendre de la rouille les surfaces des instrumens de fer, à donner une couleur plombée à beaucoup de corps, à brasquer et même à fabriquer en entier des creusets, à faire des luts sur les cornues de verre et de terre, etc.

25. Le sulfure de fer, ou la combinaison naturelle du soufre et du fer, a été nommé en minéralogie *pyrite*, parce qu'il est très-propre à entretenir le feu, à s'embraser même par le choc du briquet, et à faire naître des feux souterrains. On le nommait encore autrefois *marcassite*. C'est une des mines dont les naturalistes se sont le plus occupés. Henckel l'a étudié et décrit dans le plus grand détail dans sa Pyrithologie, où il a embrassé, à la vérité, l'histoire de toutes les mines, sur-tout des sulfureuses, qu'il a comparées et considérées dans le plus grand détail. Ce composé a également exercé le génie des modernes, par rapport à la diversité et à la singularité de ses formes. Il intéresse beaucoup les arts, qui l'emploient fréquemment et abondamment, sur-tout pour en extraire le soufre et pour traiter plusieurs métaux.

Après le carbonate de chaux, que le citoyen Haüy présente avec vérité comme le *Protée minéral* ; le sulfure de fer

est la substance qui offre le plus grand nombre de formes différentes. Il en a déja reconnu treize variétés régulières et distinctes. Plusieurs ont le cube pour forme primitive, et d'autres semblent dériver de l'octaèdre : telle est la variété qui cristallise comme le grenat trapézoïdal. Il observe que le cube ne doit être regardé comme forme primitive dans le sulfure de fer, que quand il est lisse ; que celui qui a ses faces striées et dans trois sens perpendiculaires l'un à l'autre n'est qu'un dodécaèdre ébauché. Parmi les principales variétés de formes que distingue cet habile minéralogiste, j'indiquerai ici :

A. Le cube lisse, forme primitive ;

B. L'octaèdre régulier ;

C. Le cubo-octaèdre ;

D. Le dodécaèdre à plans pentagones ;

E. Le cube strié dans trois sens ;

F. L'icosaèdre ou celui à vingt faces triangulaires, huit équilatérales et douze isocèles ;

G. Le polytrigone à trente-six triangles, douze isocèles acutangles et vingt-quatre isocèles obtusangles ;

H. Le plagièdre ou de biais, où chaque angle du cube est intercepté par trois facettes situées de biais.

Outre ces formes déterminées et ingénieusement nommées par le citoyen Haüy, on trouve le sulfure de fer en cristaux divers groupés, en globes hérissés de pointes d'octaèdres, en globes polis et usés, en cristaux striés et rayonnés, en espèces de cylindre, en dendrites, en stalactites, en incrustations, en figures bizarres, qu'on a comparées à toutes sortes de corps ; il se dépose souvent dans des matières organiques qui lui servent de moule : de là les coquilles, les poissons pyritifiés.

Le sulfure de fer est presque toujours d'une couleur jaune dorée plus ou moins brillante. Il en existe à cet égard deux variétés bien marquées, la dorée brillante et la dorée terne

ou pâle. Il ne faut pas regarder comme une simple variété de couleur le sulfure de fer brun que quelques minéralogistes ont désigné par le nom de *mine de fer hépatique*. Celui-ci est un sulfure en décomposition, dont on n'a pas même encore bien apprécié le changement, mais qui a manifestement passé de l'état brillant à la couleur brune plus ou moins matte, puisqu'on en trouve qui sont bruns en dehors et encore jaunes dorés à l'intérieur, tandis que d'autres sont brunis jusque dans leur centre. Ils sont ordinairement plus friables dans cet état que lorsqu'ils ont leur nuance brillante et métallique. Il y a certainement dans ces trois genres bien distincts de couleur, comme dans les deux genres de forme primitive des sulfures de fer, des différences non encore déterminées, qui tiennent à leur nature intime, et qui exigeront de nouvelles recherches pour être bien connues.

Le sulfure de fer est fusible et inflammable ; il laisse séparer son soufre par la chaleur ; il est très-fragile : on peut en obtenir du soufre presque par la fusion, et très-peu par la sublimation. Exposé à l'air, et sur-tout après avoir été humecté, il se fendille, se divise, se ramollit, s'échauffe, se couvre de cristaux salins de sulfate de fer, et se change en entier dans cette espèce de sel qui annonce que le soufre s'y brûle, s'y acidifie, et que le fer s'y oxide. Ce phénomène, dont on tire parti pour l'extraction en grand du sulfate de fer, était nommé autrefois *vitriolisation des pyrites ;* on doit le regarder comme une combustion lente ou une sulfatisation naturelle. L'eau est décomposée par cette opération ; il se dégage alors du gaz hidrogène sulfuré qui s'enflamme souvent spontanément, et auquel on a attribué l'incendie et la formation des volcans. Les acides, en attaquant le sulfure de fer natif, en développent aussi, et sur-tout l'acide muriatique, du gaz hidrogène sulfuré. Les nitrates le brûlent en détonant, à l'aide d'une haute température, et le muriate suroxigéné de potasse l'enflamme par la seule percussion.

L'analyse chimique du sulfure de fer naturel y a montré, outre le fer et le soufre qui y varient en proportion, et qui en sont les principes les plus abondans, de la silice et de l'alumine. Quelquefois on y trouve de l'or qui n'y est que disséminé; alors on l'a nommé *pyrite aurifère;* ou a aussi annoncé des pyrites argentifères. L'examen qu'on a fait de plusieurs de ces composés a prouvé qu'ils varient beaucoup dans la nature et la proportion de leurs composans.

26. A la suite du sulfure de fer doit être rapportée l'espèce de mine que le citoyen Haüy a nommé *fer arsenié*, qui est la mine d'arsenic grise ou pyrite d'orpiment de Romé. La quantité plus ou moins grande, et toujours très-sensible de soufre que contient cette mine, la distingue assez *du fer arsenié* et du véritable mispickel. Elle n'a jamais d'ailleurs de forme régulière et cristalline comme ce dernier; on ne l'a encore rencontrée qu'en masses irrégulières. Le citoyen Vauquelin en a analysé des morceaux de deux endroits différens; il y a trouvé le rapport du soufre au fer à peu près de quatre à cinq; celui de l'arsenic au fer très-variable, puisque dans l'un il était de deux à un, et, dans l'autre, de six et demi à un: on doit nommer cette espèce *sulfure de fer arsenié:* ce n'est point une simple variété de la mine précédente, puisque ses propriétés en diffèrent essentiellement.

27. Le quatrième ordre, auquel doivent être rapportées les mines de fer, renferme les divers degrés d'oxidation de ce métal. On doit y comprendre comme véritables mines bien distinctes par leur nature et leurs propriétés, les quatre espèces nommées par le citoyen Haüy *fer oxidulé*, *fer pyrocète*, *fer oligiste* et *fer oxidé*. Chacune de ces dénominations, appliquée, ou à l'état de la combustion, ou à quelques propriétés de ces espèces, ne présentera, pour la méthode que j'ai adoptée, que des degrés divers d'oxidation. Ce minéralogiste nomme *fer oxidulé*, par l'analogie de la dénomination *acidule* de la nomenclature méthodique, l'espèce de mine formée par

le fer uni à une assez petite quantité d'oxigène, pour lui permettre d'agir fortement sur le barreau aimanté : *c'est le fer noirâtre octaèdre et altérable à l'aimant de* Romé-Delisle. Cette espèce cristallise le plus souvent en octaèdres, comme les morceaux de Suède, de Dalécarlie, de Corse, qui ont depuis quelques millimètres jusqu'à deux ou trois centimètres de diamètre. Ces cristaux sont ordinairement engagés ou enveloppés dans une stéatite noirâtre ou verdâtre feuilletée ; ils sont souvent d'un noir brillant et spéculaire ; quelquefois leur surface est terne, et enduite d'une petite couche de la stéatite où ils sont plongés. Ils sont très-cassans et lamelleux dans leur tissu ; leur poussière est noirâtre et très-attirable ; dans leur intégrité, ils jouissent de toutes les propriétés d'un aimant, et sur-tout de la polarité. C'est à cette espèce de mine de fer qu'appartiennent plus particulièrement les morceaux naturellement et assez fortement aimantés pour qu'on ait pris le parti de les tailler, et de les garnir d'une armure qui en augmentât la puissance. Je nomme cette espèce de mine *oxidule* de fer. Il paraît qu'il doit sa formation et sa cristallisation à l'eau. Sous ce point de vue, il contraste avec l'espèce suivante.

28. La seconde espèce du même ordre est nommée par le citoyen Haüy *fer pyrocète*, c'est-à-dire ayant *le domaine du feu pour patrie*, parce qu'il a été prouvé par le citoyen Delarbre que les variétés de cette espèce, si abondante à Volvic, au Puy-de-Dôme, au Mont-d'Or, sont un produit de la volatilisation opérée par le feu des volcans. On l'a souvent nommé *fer spéculaire*, à cause de ses surfaces brillantes et miroitées. Cette mine est toujours en lames minces, d'un beau poli, fragiles comme le verre, et en montrant la cassure. Romé-Delisle regardait ses cristaux comme une modification de l'octaèdre aluminiforme. En supposant qu'on eût fait dans un octaèdre régulier deux sections à de petites distances de deux faces opposées parallèlement à ces deux faces, il devrait résulter de ces deux sections trois segmens dont celui

du milieu aurait pour bases deux héxagones réguliers, et pour faces latérales six trapezes alternativement inclinés en sens contraire. C'est à ce segment moyen que Romé-Delisle rapportait les cristaux du fer spéculaire qui m'occupe ici. Mais le citoyen Haüy s'étant apperçu que les faces latérales du fer pyrocète étaient plus sensiblement inclinées sur les bases qu'elles n'auraient dû l'être dans l'hypothèse du segment indiqué, et le gonyomètre lui ayant donné cent vingt-un degrés et demi, au lieu de cent neuf et demi qu'elles auraient dû avoir; il en a conclu que la ressemblance née de l'assortiment des plans avait fait illusion au célèbre Romé-Delisle, et que ce n'est pas là la source de leur forme singulière. Il ajoute que cette forme est sujette à différentes modifications. Cet oxide de fer donne, quand on le brise, une poussière noirâtre, moins foncée que celle de la mine précédente, et ayant une teinte rougeâtre qui annonce une oxidation un peu plus forte que dans l'oxidule décrit ci-dessus : aussi est-il moins sensible au barreau aimanté, et est-il lui-même bien plus faiblement aimant que le précédent. Je le nomme *oxidule de fer pyrocète.*

29. La troisième espèce d'oxide de fer natif a été désignée par le citoyen Haüy sous le nom de *fer oligiste*, c'est-à-dire qui n'est que très-peu à l'état métallique. Les corps de cette espèce, dit-il, donnent par la trituration, ou à l'aide de la lime, une poussière rouge qui annonce une oxidation beaucoup plus avancée que dans les deux précédentes, sur-tout dans la première. Les mines de fer noir ou spéculaire de l'île d'Elbe et de Framont sont les plus remarquables variétés de cette espèce. Peut-être l'expression d'oxide de fer eût-elle suffi pour désigner cette espèce, en y ajoutant une épithète pour les distinguer de la suivante qui contient plus d'oxigène. Cet oxide oligiste est en lames brillantes nuancées avec cristaux qui paraissent dépendre du cube : les variétés de formes que celui-ci fait naître, suivant la loi de décroissement, se

remarquent sur-tout dans ces beaux échantillons, si brillans, si nuancés dans leurs couleurs changeantes, qu'on tire abondamment de l'île d'Elbe, et qui font les ornemens des cabinets. On doit sur-tout distinguer parmi les variétés de forme de cet oxide noir de fer nommé autrefois spéculaire, et confondu ainsi avec plusieurs espèces très-différentes de la sienne, *a* celui en rhomboïdes très-obtus; *b* celui à six pentagones, et à dix-huit triangles : on les appelle communément fer spéculaire en gros boutons, en petits boutons, en écailles, lenticulaires, micacés, et ils offrent souvent à leur surface les reflets éclatans de l'arc-en-ciel ou de la gorge de pigeon. Cette espèce est beaucoup moins altérable à l'aimant, et beaucoup moins aimant elle-même que les deux précédentes : ce qui tient évidemment à la plus grande quantité d'oxigène qu'elle contient. La poussière rougeâtre qu'on en obtient par la trituration ou l'action de la lime est onctueuse, et fait assez facilement pâte avec l'eau. On peut multiplier dans cette espèce, comme dans les deux précédentes, le nombre des variétés qui lui appartiennent. Mais ce que je dois faire observer ici, c'est que ces mines, très-différentes des précédentes, quoique ne paraissant en être distinguées que par une proportion un peu plus forte d'oxigène, donnent de très-bon fer, et très-facile à obtenir dans leur exploitation. Les variétés qu'elles fournissent sont les plus belles, et les plus riches pour les cabinets, de toutes les mines de fer.

3o. Enfin, au quatrième et dernier rang des oxides de fer que la nature offre parmi les mines de ce métal, appartient l'espèce que le citoyen Haüy nomme *fer oxidé*, pour désigner, en opposant cette dénomination à celles des trois premières, ou de fer oxidulé ou *pyrocète*, et de l'*oligiste*, que celui-ci est bien plus chargé et même saturé d'oxigène, qu'il est véritablement à l'état complet d'oxidation. Ce véritable oxide de fer n'a plus la couleur noire des trois précédens; il est plus ou moins rouge, brun ou jaunâtre; sa poussière,

car il est très-friable, offre une nuance beaucoup plus claire que celle même de l'oxide oligiste. Il ne prend point de forme cristalline déterminée, seulement ses molécules, le plus souvent rapprochées et condensées dans les concrétions dures qu'il constitue, s'arrangent en stries ou en petits filets qui partent d'un centre commun, et divergent en rayons au dehors des morceaux qu'il forme. Dans ce dernier cas, et lorsqu'il a en même temps une couleur rouge ou brune plus ou moins foncée, on le nomme hématite à cause de cette nuance même qui se rapproche plus ou moins de celle du sang. Le seul aspect des hématites prouve que ce sont de véritables stalactites ; on les trouve souvent mammelonées et déposées par couches formées chacune de filets rassemblés. On lui a donné plusieurs noms différens, et on en a fait des sous-variétés, d'après la diversité des figures qu'elle affecte : on l'a nommée *intestinale* ou mammelonée, quand elle imite les tubercules extérieurs des intestins ; *botryte*, quand elle ressemble à une grappe de raisin ; ou *aiguillée*, lorsqu'elle offre beaucoup de prismes fins qui représentent des aiguilles : on l'a encore désignée par ses couleurs, par son tissu, et distingué des hématites rouges, brunes, noires, compactes, tendres, fragiles : c'est à l'hématite qu'il faut rapporter la *sanguine* et la pierre à brunir. Ces dernières variétés prennent l'état métallique par le poli ; elles sont les moins oxidées, et se rapprochent du fer oligiste : on y trouve même quelquefois des particules presque métalliques. Elles passent facilement à l'état d'oxide noir et attirable, et prennent même le caractère d'aimant lorsqu'on les chauffe. L'*éisenram* des Allemands, ou le fer micacé rouge, doit être aussi rapporté comme sous-variété aux oxides hématités de fer.

Le citoyen Haüy compte comme seconde variété de l'espèce de fer oxidé ce que les minéralogistes ont nommé fer limoneux. Il réunit dans cette variété les œtites, les mines de fer en grains, en masses compactes plus ou moins jaunes, en

poussière ou terre molle qui durcit à l'air, et qu'on nomme *ocre martiale*, en tissu doux et laissant des traces sur le papier qui constitue le crayon rouge. On a donné le nom d'*œtites* ou *pierres d'aigles* à des espèces de géodes creuses d'oxide de fer, souvent mêlés d'une quantité plus ou moins grande de silice et d'alumine, contenant quelques concrétions dans leur intérieur, et faisant entendre un petit bruit quand on les agite par le choc de ces graviers contre leur parois ; elles sont d'une couleur jaune, sale, un peu blanche ; composées de couches concentriques de divers volumes, de forme ovoïde ou polygone, souvent polies à leur extérieur. Le nom de pierres d'aigles leur a été appliqué, parce qu'on a prétendu que ces oiseaux les transportaient dans leur aire.

La mine de fer en grains est un oxide brun foncé ou pâle, formé, comme l'œtites, de couches concentriques, mais sans cavité moyenne, plus ou moins arrondi, ordinairement d'un petit volume, mais variable depuis la grosseur de têtes d'épingles ou d'œufs d'insectes, jusqu'à celle de petites balles de pistolet. Les petits grains sont beaucoup plus communs que les gros ; souvent on les trouve aglutinés en masses considérables, formant même d'immenses amas de plusieurs mètres de profondeur dans la terre, et quelquefois de plusieurs kilomètres d'étendue. Le sol de quelques pays semble en être entièrement composé ; plusieurs départemens de la France en sont remplis, et ils constituent la plus grande partie des mines qu'on exploite en France. A voir cette étonnante concrétion de grains d'oxide de fer, gros comme des œufs de poissons ou d'insectes, et que par analogie ou par opinions erronées on a nommés oolites, dont chacun est formé de plusieurs couches concentriques appliquées manifestement par l'eau agitée autour d'un noyau, l'imagination a de la peine à se prêter à l'immensité du travail que la nature a fait pour fabriquer chacun de ces grains et en accumuler des innombrables myriades déposées dans des terrains très-vastes, et dont la quantité est vraiment inépuisable.

L'oxide de fer brun en masse compacte appartient, à proprement parler, au fer limoneux des minéralogistes. Cette sous-variété n'a ni l'apparence de l'hématite, ni la forme de géodes, ni celle de grains; ce sont des blocs irréguliers plus ou moins denses ou friables, solides ou fendillés, bruns rougeâtres ou jaunâtres, luisans ou mattes, lisses ou grenus dans leur cassure, souvent délités en parallélipipèdes ou en pans irréguliers et basaltiformes, qui sont ou unis irrégulièrement, ou déposés par lits et par filons continus dans l'intérieur de la terre, qu'on trouve dans le fond des vallées, souvent au-dessous de terrains marécageux, et qu'on exploite dans beaucoup de pays, mais qui fournissent en général le plus mauvais fer, le fer cassant à froid. On verra bientôt quelle est la cause de ce dernier phénomène. Ce fer limoneux ne noircit pas aussi bien que les hématites par l'action du feu; il contient souvent beaucoup de silice et d'alumine, et rarement de la matière calcaire.

Les terres qu'on a nommées *ocres martiales* ne sont que les fragmens pulvérisés ou aglutinés des mines précédentes, ou les débris de la décomposition lente des sulfures de fer exposés à l'action de l'air et de l'eau : rarement ce sont des oxides qui puissent être traités ou exploités comme tels; il faut les regarder plutôt comme des mélanges terreux, siliceux ou argileux, dont le fer, à différens états d'oxidation, jaune, fauve, rouge, brun, et même obscure, ne fait que la plus petite partie.

Quant au *crayon rouge* proprement dit, que le citoyen Haüy nomme *fer oxidé graphique*, c'est un autre mélange particulier d'oxide de fer rouge très-fin avec de l'argile, que la nature paraît avoir pétris ensemble dans l'eau et déposé au fond de ce liquide en couches plus ou moins fixes ou denses, d'un tissu doux, gras, onctueux, facile à tailler, qui s'use et se polit par les frottemens. Il y en a de différentes nuances, de diverse densité et de grain très-varié par sa finesse. Le

citoyen Haüy dit avoir vu des bâtons de crayon rouge qu'un physicien a convertis en aimant par l'action du feu ; et il rapporte à cette occasion que le citoyen Lelièvre a observé qu'il suffisait de chauffer au chalumeau un fragment d'oxide de fer pour lui donner des poles magnétiques.

31. Les sels ferrugineux natifs compris dans le cinquième et dernier ordre des mines de ce métal, sont plus nombreux encore que ceux qui ont été indiqués dans l'histoire naturelle du plomb. Il est facile au reste d'expliquer cette multiplicité, quand on sait combien ce métal est abondant au sein et à la surface de la terre, dans combien de lieux il se rencontre, à quelles circonstances et réactions nombreuses il est exposé, et avec quelle facilité il obéit aux attractions dans son état d'oxide : on l'a jusqu'ici trouvé combiné avec les acides sulfurique, phosphorique, carbonique, tunstique et prussique, et l'on peut soupçonner qu'il existe encore uni aux acides muriatique, fluorique, arsenique, molybdique et chromique, quoiqu'on ne l'ait point encore reconnu dans ces cinq derniers états. Il ne faut point oublier que la minéralogie, quoique très-avancée par les chimistes modernes, depuis Bayen, Bergman et Schéele jusqu'à M. Klaproth et au cit. Vauquelin, est encore à son berceau, et que malgré les travaux et les découvertes multipliées qu'elle doit à la chimie depuis une trentaine d'années, on voit que ces belles recherches ne sont encore que bien peu de chose en comparaison de ce qui reste à faire.

32. Le sulfate de fer existe assez fréquemment dans la nature ; il provient manifestement de la combustion lente du sulfure natif de ce métal : il est souvent dissous dans les eaux ; quelquefois on le trouve solide en stalactites, en dépôts, rarement en cristaux rhomboïdaux verdâtres, qu'on avait nommés autrefois couperose verte. On le reconnaît à sa couleur, à sa saveur âcre et styptique, à sa forme. Le plus ordinairement il est effleuri, demi-desséché, privé de l'eau de sa

cristallisation, et blanc : on le nommait autrefois, dans cet état, *sory*. Lorsque plus décomposé, il a pris une couleur jaune en perdant plus d'eau et en absorbant plus d'oxigène de l'atmosphère, on le désignait, dans l'alumine minéralogie, sous le nom de *misy* ou *missy*. Enfin, s'il a perdu une portion de son acide, si son oxide mis à nu et plus oxigéné encore que dans le cas précédent, a pris une couleur rouge, il constitue alors le *colcothar* ou le *chalcitis* des anciens minéralogistes. On nommait en général *pierres atramentaires* toutes les modifications du sulfure de fer naturel plus ou moins décomposé et altéré ; et comme mêlé avec quelques matières inflammables il affectait souvent la couleur noire, le mot *melantery* lui était spécialement appliqué dans cette dernière circonstance assez fréquente. Il faut ajouter à ces notions que dans les lieux où la nature présente plus ou moins abondamment cette combinaison, sur-tout dissoute dans l'eau, l'art peut et doit en tirer un parti plus ou moins avantageux, soit en évaporant cette dissolution naturelle pour en obtenir du sulfate de fer, très-utile dans beaucoup d'opérations industrielles, comme je le ferai voir plus bas, soit pour en préparer sur le lieu même différens composés ou produits qui servent sans cesse aux besoins de la vie. Cependant on laisse perdre trop souvent cette richesse naturelle.

33. Le phosphate de fer n'a point encore été compris par les minéralogistes dans l'énumération des nombreuses espèces de mines de fer, qu'ils ont distinguées et décrites souvent même minutieusement. L'exact et habile citoyen Haüy se contente d'annoncer à la suite de l'histoire du fer oxidé et de la variété qu'il appelle fer limoneux, la possibilité qu'il existe dans la nature une combinaison directe de fer et d'acide phosphorique. Ce qu'il n'annonce que comme possible est cependant reconnu comme réel par les chimistes modernes. La prétendue espèce particulière de métal que Bergman avait distinguée du fer, sous le nom de *sydérite* ou *fer d'eau*, n'est que du phos-

phate natif. Il est vrai qu'on ne l'a point encore reconnu peut-être très-pur, bien séparé et isolé d'avec les autres espèces, et sur-tout d'avec les oxides jaunes de fer, dans les masses duquel il se trouve le plus souvent confondu : mais on peut présumer qu'il existe seul et indépendamment des autres mines quelconques de ce métal, et que les minéralogistes sauront bientôt le distinguer, peut-être même le trouver pur et sous forme cristalline dans les lieux où l'on rencontre sur-tout le fer limoneux. Jusqu'ici il a été seulement reconnu dans cette espèce de mine. On a vérifié qu'il n'était presque aucun oxide de fer natif, sur-tout dans les lieux marécageux, dans les vallées couvertes de végétaux, qui ne contînt plus ou moins de phosphate de fer, et que c'était à sa présence qu'il fallait attribuer la mauvaise qualité du fer *cassant à froid* qu'on obtient spécialement de ces espèces de mines. Il est très-commun de trouver dans les mines de fer limoneux des parcelles plus colorées, plus denses, plus salines, distinguées du reste ou de la masse du simple oxide, comme des grains disséminés dans une pâte. Ces particules m'ont paru être le phosphate de fer pur, et je ne doute pas qu'on ne parvienne non-seulement à l'extraire de ces mines, mais à le trouver séparé dans la nature. Le phosphate de fer est très-caractérisé par sa propriété de former un phosphure, lorsqu'on le chauffe avec du charbon. Il se précipite de sa dissolution sulfurique en poudre blanche très-lourde, quoiqu'elle reste long-temps divisée ; on verra que c'est par ce phénomène que l'on reconnaît et que l'on analyse le fer cassant à froid, provenant de beaucoup de mines limoneuses, et qui contient du phosphure et et non pas du phosphate de fer, comme on l'a dit et répété dans un si grand nombre d'ouvrages de chimie. C'est par l'effet même de l'action de l'acide sulfurique sur ce phosphure de fer, et par l'oxigène que l'eau y porte, qu'il passe à l'état de phosphate de fer.

34. Le tunstate de fer natif dont j'ai déja parlé à l'article

du tungstène, peut être compté parmi les mines salines de fer, puisque c'est une combinaison d'acide tunstique et de l'oxide de ce métal mêlé à la vérité, ou plutôt saturé en partie d'oxide de manganèse. On lui donnait autrefois le nom de *wolfram*, formé de deux mots allemands qui signifient écume de loup, *spuma lupi*. On l'avait pris à différentes époques pour une mine d'étain arseniale, pour un mélange de manganèse de fer et d'étain, pour un schorl, pour un basalte chargé de fer, etc. etc. MM. d'Elhuyar, chimistes espagnols, ont les premiers découvert que c'était un véritable tunstate de fer. Ce sel est d'un noir brunâtre, en masses irrégulières, ou cristallisé en prismes hexaèdres comprimés, terminés par des pyramides tétraèdres, dont les angles sont tronqués. Il est brillant et presque métallique dans sa cassure feuilletée; il donne une poudre d'un brun rougeâtre; il est très-lourd; sa pesanteur est de 6.835; il est presque infusible seul; il se fond très-bien avec trois ou quatre fois son poids de potasse, qui forme du tunstate acalin dissoluble, et laisse l'oxide de manganèse et de fer à part. Il est aussi attaquable par l'acide muriatique, qui dissout le fer et sépare l'acide tunstique en poudre jaune. MM. d'Elhuyar l'ont trouvé composé de 0.65 d'acide tunstique, 0.22 d'oxide de manganèse, et de 0.13 d'oxide de fer. On voit, d'après ce dernier résultat, que si on a égard au principe le plus abondant de ce composé naturel, le wolfram doit être rapporté aux mines de tungstène; qu'il devrait, au moins en apparence, être plutôt encore rapporté au manganèse qu'au fer : mais on a pensé que l'oxide de manganèse n'y était que disséminé ou mêlé, qu'il n'était pas nécessaire à sa composition; et voilà pourquoi on lui a donné seulement le nom de tunstate de fer, dans lequel on croit que l'oxide de fer sature l'acide tunstique; et comme la couleur de ce sel, ainsi que sa nature, sa forme et ses propriétés ont paru être, en grande partie, dues au fer, on a généralement adopté sa classification parmi les mines de ce métal. Son seul et en même temps son important usage pour les chi-

mistes, est de servir à l'extraction de l'acide tunstique, qu'il fournit par le même procédé que le tunstate de chaux, c'est-à-dire par l'action successive de l'acide muriatique qui enlève les substances métalliques, et de l'ammoniaque qui prend l'acide.

35. Le carbonate de fer est une des mines les plus abondantes et les plus pures de ce métal. Dans la métallurgie, on le nomme souvent *mine d'acier*, parce qu'il fournit facilement cette espèce de modification du fer. On l'a nommé encore *fer spathique*, *spath martial* ou *ferrugineux*, *mine de fer blanche*, parce qu'il ressemble par sa couleur, ses lames et son tissu, à quelques *spaths calcaires*. Cette mine, qui est répandue avec profusion dans quelques lieux, et spécialement dans les Pyrénées, par la nature qui l'y a déposée en filons ou en couches épaisses et profondes, cristallisé, comme le carbonate de chaux, soit dans son rhombe primitif, soit dans les formes secondaires qu'il prend par les lois de décroissement des molécules rhomboïdales : aussi ce sel n'est-il jamais du carbonate de fer pur. Outre l'oxide de manganèse qu'il contient si souvent, et qui fait varier sa couleur du blanc au fauve, au rouge bleu, au brun noirâtre et au noir, suivant son état d'oxidation; il est toujours mêlé de carbonate de chaux, qui va, suivant Bergman, jusqu'à la moitié de son poids, et que le citoyen Haüy considère ingénieusement comme l'origine de sa forme, absolument comme il l'est des rhomboïdes du grès de Fontainebleau : en sorte que ses cristaux bien prononcés peuvent être regardés comme du carbonate de chaux mêlé de carbonate de fer, qui est interposé entre ses lames rhomboïdales, ainsi que l'oxide de manganèse. Ce n'est donc pas, comme l'ont cru autrefois les chimistes et les minéralogistes, de l'oxide de fer saturé immédiatement d'acide carbonique dissous d'abord dans l'eau et déposé ensuite sous forme cristalline, ni ce sel ferrugineux qui a remplacé la terre calcaire dont il aurait revêtu la forme comme coulé dans un moule; mais du carbonate de chaux mélangé de carbonate de fer, comme l'avait déjà annoncé

Cronstedt, qui le premier a lié les connaissances de chimie à la méthode minéralogique. Cette mine a la propriété de noircir par l'action du feu, de donner de l'acide carbonique gazeux, soit par la distillation, soit par l'action des acides, de se colorer par le contact de l'air, et d'y prendre peu à peu une nuance brune et noire, par l'oxidation du manganèse qu'elle contient, ainsi que l'a prouvé Bergman dans sa belle Dissertation sur les mines de fer blanches, à l'occasion desquelles il a décrit d'une manière si complète et si méthodique pour l'époque où il l'a rédigée, les propriétés du manganèse, qu'on est porté à croire en la lisant avec attention, qu'elle a été faite plutôt pour fournir à son auteur l'occasion de traiter ce dernier métal, que pour faire connaître en détail les propriétés du carbonate de fer, sous le nom de *mine de fer blanche*. Bayen, en donnant en France, le premier parmi les chimistes, l'analyse du fer spathique, et en y montrant la présence de l'acide carbonique, a fait voir de plus, ainsi que Rouelle le cadet, qu'il était susceptible de se dissoudre dans l'eau chargée d'acide carbonique, et d'imiter ainsi très-exactement un grand nombre d'eaux minérales ferrugineuses.

36. On nomme prussiate de fer natif l'espèce d'oxide de fer coloré en bleu, toujours plus clair que la couleur du bleu de Prusse artificiel, qu'on trouve assez souvent dans les tourbières, les terres imprégnées d'oxide de fer où s'épurent et se décomposent par putréfaction lente des matières végétales et animales. Bergman a reconnu à cette espèce de faux bleu naturel des propriétés analogues au prussiate de fer fabriqué par l'art. On le tire souvent presque sans couleur de la terre, et il devient bleu par son exposition à l'air. Il est attaquable par les alcalis, ce en quoi il se rapproche du bleu de Prusse artificiel; mais il en diffère, parce que les acides l'altèrent bien plus que ce dernier. Il n'est pas encore bien connu.

37. Le citoyen Haüy distingue une dernière espèce de mine de fer qu'il nomme *fer quartzeux* : c'est l'émeril, substance

très-connue et très-employée pour user les pierres les plus dures. Il le regarde comme une combinaison particulière entre les molécules du quartz et celles du fer, et non comme un simple mélange, parce qu'il est plus dur que le quartz; ce qui n'aurait pas lieu si les deux matières n'étaient que mêlées. Il paraît que cela dépend de l'oxide de fer noir, qui jouit, comme on sait, d'une dureté excessive, au point qu'il ne peut être entamé que très-difficilement par les meilleures limes, et qu'il n'est pas nécessaire d'admettre une combinaison particulière entre le fer et le quartz pour expliquer cette propriété. C'est à cette espèce, qu'on peut regarder comme un mélange où la force d'aggrégation a rapproché les molécules quartzeuses et ferrugineuses, qu'il faut rapporter tous les autres mélanges du fer en différens états d'oxide, avec les sables, l'alumine, le carbonate de chaux, sous la forme de poussière ou de gravier, de sables ferrugineux, noirs, rouges ou jaunes.

38. Ainsi, par la méthode que j'ai exposée dans cette esquisse de l'histoire naturelle du fer, on peut rapporter les variétés si nombreuses des mines de ce métal à quinze espèces principales; savoir,

a. Le fer natif.
b. Le fer arsenié.
c. Le carbure de fer.
d. Le sulfure de fer.
e. Le sulfure de fer arsenié.
f. L'oxide noir de fer.
g. L'oxidule de fer pyrocite.
h. L'oxidule de fer oligiste.
i. L'oxide jaune ou rouge de fer.
k. Le sulfate de fer.
l. Le phosphate de fer.
m. Le tunstate de fer.
n. Le carbonate de fer.
o. Le prussiate de fer.
p. Le fer quartzeux.

Il faut ajouter à toutes les variétés comprises dans chaque espèce, non pas comme mines de fer, mais comme sortes d'annexes de ces mines, les pierres assez chargées de ce métal en oxide ordinairement noir, pour être attirables à l'aimant, ou aimant elles-mêmes, telles que les traps et certaines espèces de serpentines dures et sonores. On peut encore regarder une grande partie des laves volcaniques comme des matières assez riches en fer pour être rapprochées des mines de ce métal.

D. *Essai et métallurgie.*

39. Le nombre et la différente nature des mines de fer que je viens de faire connaître exigent des moyens ou des méthodes particulières pour être analysées. Cependant on a presque toujours eu jusqu'ici la coutume de les traiter d'une manière générale et semblable dans les essais par la voie sèche. On commence par griller les mines de fer, soit pour les désoufrer, soit pour les attendrir et les diviser; car il est aisé de voir que, sous le rapport de leur docimasie, on peut en général les considérer ou comme contenant du soufre, ou comme étant de simples oxides, ou comme chargées d'un acide. Quand celui-ci est volatil, il s'échappe comme le soufre des premières par le grillage; lorsqu'il est fixe, on n'emploie pas les mines qui le contiennent pour en extraire le métal, et on les réserve seulement pour quelques usages particuliers. Quand la mine est désoufrée, désacidifiée ou divisée par l'action du feu, il ne s'agit plus ensuite que d'en obtenir le métal par la fonte, en le séparant de la portion de gangue qu'elle peut contenir, et en lui enlevant l'oxigène dont elle peut être plus ou moins chargée. Pour cela on la mêle avec du charbon et des sels fondans, du borax, des alcalis, du verre, du muriate de soude. Les additions varient ici dans les divers procédés que les auteurs de chimie ont indiqués, et dont il faut exposer les principaux.

40. Bergman conseillait de placer la mine grillée ou non

grillée suivant sa nature et sa qualité particulières, et sur-tout les carbonates de fer ou les mines blanches *spathiques*, dans un creuset brasqué d'un demi-pouce de poussière de charbon dans le fond, et d'un huitième de pouce sur les côtés; de les couvrir de borax calciné; de luter par dessus un autre creuset, et de l'exposer à un feu de forge jusqu'à la fusion complète.

Le cit. Guyton a recommandé pour cette opération toujours difficile une espèce de flux dont il a obtenu les plus grands succès. Il consiste à mêler également huit parties de verre pilé, une partie de borax calciné, et une demi-partie de charbon; de prendre deux parties ou seulement trois parties de ce flux si la mine est très-pauvre, et une de cette mine; à placer le mélange dans un creuset brasqué avec de la terre glaise et du charbon en poudre à un huitième de pouce d'épaisseur, en y lutant un couvercle; à échauffer ce vaisseau au feu de forge très-fort pendant une demi-heure. Il fait cet essai double avec de la mine grillée et de la mine non grillée, dont il ne prend pas plus de trois grammes. On obtient par là un culot de fer pur et ductile dont le poids indique la quantité de métal contenue dans la mine que l'on essaie.

M. Kirwan a donné dans sa Minéralogie un autre procédé extrait des Annales de Crell, pour essayer par la voie sèche les mines de fer argileuses et siliceuses, c'est-à-dire les oxides de fer mêlés d'argile et de silice. On prend quatre parties de la mine, 1.25 partie de chaux vive, 1.25 de fluate de chaux, une de charbon en poudre, et quatre parties de muriate de soude décrépité: quand le tout est bien mêlé, on le met dans un creuset brasqué de charbon, auquel on lute un couvercle; quand celui-ci est sec, on le place dans une forge, on donne une chaleur modérée pendant un quart d'heure, et la plus forte chaleur pendant trois quarts d'heure. Si l'on se sert de chaux éteinte, on en prend le double. Les mines de fer calcaires sont traitées de la même manière, en substituant à la chaux le double de fluate calcaire. Les mines sulfureuses sont essayées

après le grillage, en en traitant de la même manière quatre parties avec deux de chaux, deux de fluate de chaux, un tiers de charbon, et quatre parties de muriate de soude décrépité. Il faut avoir soin, dans ces procédés par la fonte, d'agiter un peu le creuset pour rassembler le métal.

41. L'essai par la voie sèche qu'on vient de décrire n'indique pas la nature du métal ou les alliages qu'il peut fournir, et ne donne que la quantité du fer. Mais les mines de fer contiennent souvent du manganèse, et il est important de pouvoir en reconnaître la présence. Voici ce que Bergman indique comme procédé propre à cela par la voie sèche. Il faut en chauffer à blancheur une petite quantité dans un creuset, projeter par dessus cinq fois son poids de nitre purifié, en ayant soin qu'il n'entre ni charbon ni cendre dans le creuset. Quand le mélange est refroidi, le haut du creuset sera couvert d'une croûte verdâtre ou bleuâtre, si la mine contient du manganèse. Ce n'est encore là qu'un moyen d'annonce ou qu'une indication qui ne donne aucune connaissance sur la proportion de ce métal cassant ; qui même, suivant la remarque du cit. Vauquelin, est susceptible d'induire en erreur, puisque l'alcali tout seul, l'oxide de fer ou les creusets peuvent produire une couleur verte sans qu'ils contiennent du manganèse. Mais on ne peut pas obtenir ce moyen par la voie sèche, et il n'y a que la docimasie humide qui puisse le fournir.

Le même chimiste donne aussi une méthode simple et facile pour déterminer la nature du fer cassant à froid ou à chaud. Il propose de fondre le métal qu'on a obtenu du premier procédé avec le quart de son poids de bon fer malléable dans un creuset brasqué et bien couvert. Quand le fer ainsi traité est cassant après avoir été refroidi, la mine d'où il provient fournit du fer cassant à froid. Si au contraire le fer allié se brise sous le marteau après avoir été chauffé à blancheur, la mine ne donnera que du fer cassant à chaud. Il est bien évident que tous ces résultats ne sont qu'approximatifs, et ne peuvent fournir que des indices.

42. Les essais que Bergman a proposés par le moyen des acides ou par la voie humide sont de véritables analyses beaucoup plus exactes que les procédés déja décrits, et donnent une connaissance certaine de la nature et de la proportion des composans des mines de fer. La méthode générale qu'il indique pour les oxides ferrugineux, en supposant qu'ils ne contiennent pas beaucoup de terre ou de matière pierreuse, est la dissolution dans l'acide muriatique, et leur précipitation au moyen des prussiates d'alcalis. Je n'ai point encore parlé de l'acide prussique, parce qu'il est le produit d'une décomposition particulière des substances organiques et que je ne dois en traiter en conséquence que dans les sections suivantes : mais il suffira de savoir ici, pour bien comprendre le procédé de Bergman, que dans un prussiate l'alcali est saturé par une substance que le fer dissous dans un acide lui enlève en lui cédant cet acide, et avec laquelle l'oxide de ce métal forme une belle couleur bleue connue sous le nom de bleu de Prusse, qui non seulement est un indice du fer, mais peut servir encore à faire connaître sa proportion. On ramasse ce précipité, on le lave, on le sèche et on le pèse : son poids, divisé par six, et en ôtant d'ailleurs 0.04 pour une portion de ce métal qui se trouve toujours dans le prussiate, donne assez exactement la proportion du fer contenue dans la mine. Dans le cas où cette mine contient en même temps du manganèse ou du zinc, ce qui est très-fréquent pour le premier de ces métaux, et un peu moins pour le second, voici comment on les reconnaît et on en estime en même temps la proportion, suivant Bergman. On calcine au rouge le bleu de Prusse précipité de la dissolution muriatique ; on le traite par l'acide nitrique, qui ne prend que l'oxide de zinc : quand celui-ci est enlevé, on verse du nouvel acide nitrique avec un peu de sucre ou de farine sur le résidu, et par ce second traitement on sépare l'oxide de manganèse, s'il y en a ; ensuite on dissout le restant, qui n'est plus que de l'oxide de fer, par l'acide muriatique, et on le

précipite par le carbonate de soude. Après l'avoir lavé et séché, on reconnaît par son poids, d'où on défalque la proportion d'acide carbonique qu'il contient, celui du fer en oxide : deux cent vingt-cinq parties de ce précipité répondent à cent parties de fer. Ce moyen de séparer les trois métaux en oxides pourrait s'appliquer à toutes les espèces de mines de fer, s'il était exact ; mais le citoyen Vauquelin a fait voir, dans son Analyse des aciers, qu'il étoit très-fautif, et que Bergman avait souvent pris du fer pour le manganèse.

43. Les mines de fer blanches ou les carbonates de fer mêlés de carbonate de chaux doivent être traités, d'après la méthode du même chimiste, en les chauffant d'abord assez fortement pour en chasser l'acide carbonique et l'eau, et en déterminer le poids ; ensuite on leur enlève la chaux par l'acide nitrique, qui ne touche point à l'oxide de fer, et qu'on laisse séjourner jusqu'à ce que cet acide se colore en jaune ; on précipite la terre calcaire par la soude. La portion métallique non dissoute est ensuite traitée comme ci-dessus. Rinman pensait que la pesanteur spécifique des mines de fer blanches pouvait suffire pour en connaître assez exactement la nature, et il avait trouvé que la pesanteur spécifique de ces mines était à ce fer qu'elles contiennent, sur cent parties, comme 4 est à 5.

Les mines de fer contenant du soufre, de l'alumine ou des matières pierreuses, sont aussi très-facilement analysées par l'acide muriatique. Si cet acide n'agit point assez sur les sulfures, on en aide l'action par un peu d'acide nitrique. Si la gangue n'est pas dissoluble, ce qui a lieu lorsqu'elle est de nature quartzeuse, on la retrouve après la séparation de l'oxide de fer. Si elle est alumineuse ou calcaire, on la précipite après le fer, qui est seul séparé par le prussiate, lequel laisse les terres pures dissoutes dans l'acide.

44. Quant à quelques sels natifs de fer, tels que le sulfate, le phosphate, le tungstate, il faut remarquer que le dernier s'essaie et se reconnaît, et est analysé exactement par le même

procédé que le tungstate de chaux. Le sulfate est si reconnaissable par sa saveur, et il est d'ailleurs si facile à analyser, comme on le verra dans l'histoire de ce sel artificiel, qu'il n'est pas nécessaire de traiter ici en particulier du mode de son examen. Le phosphate de fer, qui n'a encore été trouvé que disséminé dans des oxides de fer jaunes ou bruns, est bien distinct et bien caractérisé par sa propriété de se précipiter de ses dissolutions acides en une poussière blanche, par le seul repos. J'en parlerai plus bas avec plus de détails. Le fer quartzeux est assez difficile à traiter; cependant il ne résiste pas à l'action long-temps continuée des acides, ainsi que les sables ferrugineux et les différentes espèces d'ocres.

45. Le traitement en grand des mines de fer est un des plus beaux travaux compris dans la métallurgie. Ce sont en général les mines les plus réfractaires, les plus dures à traiter, celles qui exigent le plus grand feu et les meilleurs fourneaux. En général, ce traitement varie suivant l'état et la nature du fer dans ses mines. Il y en a qui n'exigent aucune préparation préliminaire avant d'être réduites et fondues; d'autres doivent être pilées et lavées, quelquefois même grillées, pour devenir plus tendres et plus fusibles. On fond en général les hématites, les fers limoneux, terreux, en masses, en grains, en pisolites ou en oolites, à travers les charbons. Les fourneaux qui servent à cette fusion ont depuis quatre jusqu'à douze et à treize mètres de hauteur; ils sont construits avec des briques très-réfractaires. Leur cavité représente deux pyramides quadrilatères, ou deux cônes alongés, qui ont leurs pointes au haut et au bas, et qui se réunissent par leurs bases vers la moitié de la hauteur des fourneaux: on nomme le lieu de leur réunion, ou la partie la plus large du fourneau, l'*étalage*. Vers le bas de ce vaste fourneau, on pratique un trou destiné à couler la fonte, et qu'on tient bouché avec de la terre, pendant que la mine se réduit et se fond. A ce trou, répond, au dehors du four-

neau, un canal triangulaire creusé dans le sol, et qui est destiné à recevoir le métal fondu. On commence par jeter dans le fond du fourneau quelques tisons allumés, sur lesquels on place du charbon de bois ou de terre, qu'on choisit sec et peu fusible ; au milieu de ce charbon, et presque pêle-mêle avec lui, on met la mine, à laquelle on ajoute ensuite quelques matières fondantes les plus communes et les plus faciles à trouver : ordinairement c'est du carbonate de chaux compact, qu'on nomme *castine ;* quelquefois on préfère des pierres argileuses qu'on désigne par le nom d'*arbue*. On recouvre tout ce qui est ainsi jeté dans le fourneau par une couche épaisse et dernière de charbon, qui s'élève jusqu'à l'ouverture supérieure du fourneau, qu'on nomme *gueulard*. On pousse à la fonte en donnant au feu la plus grande activité possible, au moyen de l'air comprimé qu'on y verse à l'aide de soufflets mus par l'eau tombante ou par la vapeur d'eau reçue dans une machine à vapeur : ce dernier instrument, d'une grande énergie, tel qu'il est établi dans les ateliers du Creusot près d'Autun, est nommé *machine soufflante*. L'oxide de fer se réduit et coule en métal à travers les charbons, au milieu et par le moyen desquels il est chauffé. En même temps les matières pierreuses ou terreuses qui accompagnent cet oxide, ou qui y sont ajoutées comme castine, se fondent, se vitrifient, favorisent la fusion du fer, qui commence dans la partie large, la plus chaude du fourneau, vers son étalage. Le métal se rassemble dans le lieu le plus bas du fourneau, qu'on appelle le *creuset*, et qui a de la pente vers le canal extérieur dont j'ai parlé. Lorsque la fonte est bien complète, on débouche avec un ringard le trou pratiqué vers le bas du fourneau : alors la matière métallique bien fluide s'écoule du creuset dans le canal qu'elle remplit peu à peu ; après le métal, coule en masse plus ou moins molle, ductile ou liquide et bien fondue, la substance vitrifiée qui forme le laitier, et qui se fige en verre opaque ;

gris, vert, blanchâtre, bleuâtre ou même jaunâtre et brun, suivant la nature de la mine, et le feu qu'on a donné. Les ouvriers jugent souvent de l'état de leur opération et de la nature du métal qu'ils doivent avoir par les propriétés de ce laitier; ce qui suppose, de leur part, une longue série d'observations sur toutes les différences qu'il présente, comparées aux diverses circonstances qui accompagnent sa formation. Ce rapport entre le laitier et la nature du métal obtenu des hauts fourneaux exigera, pour être connu avec beaucoup d'exactitude, des expériences suivies et une analyse de toutes les variétés que ce laitier présente; analyse dont aucun chimiste ne s'est encore occupé.

46. Le métal ainsi réduit et coulé dans le canal triangulaire où il se fige en formant un gros lingot de la même forme, est nommé par les métallurgistes *fer crud*, *fonte* ou *fer de gueuse*, *fer coulé*, ferrum fusum, ferrum crudum. Ce n'est point encore du véritable fer. Dans ce premier état, et au sortir de l'opération des hauts fourneaux, il n'a point de ductilité; il est aigre et cassant: et c'est parce qu'il ne peut remplir encore aucun des usages du fer proprement dit, que, dans les arts comme dans la métallurgie, on le distingue soigneusement du fer par les noms que j'ai indiqués. Les métallurgistes et les chimistes ont eu long-temps des idées systématiques et erronées sur la nature de ce métal ainsi coulé, et sur les causes de ses différences avec le fer. Les premiers ont cru, et plusieurs autres parmi eux croient encore que sa propriété très-fusible, sa nature très-cassante, sa dureté excessive, son tissu grenu et semblable à celui des métaux cassans, dépendaient de la présence d'une plus ou moins grande quantité de scories vitrifiées ou de laitier qui y restaient unies au fer. Les chimistes, qui savaient, d'après leurs propres expériences, qu'une matière fondue en verre ne pouvait pas s'unir à un métal, avaient eu des idées très-différentes sur la nature de la fonte. Les uns pensaient avec Brandt qu'elle était due

à de l'arsenic allié au fer ; d'autres croyaient que le zinc, restant toujours uni à ce métal, était la véritable source des propriétés de la fonte ; il en était qui les attribuaient au manganèse. Mais comme aucune expérience positive n'avait prouvé la généralité de la présence d'aucun de ces trois métaux, ou leur constance dans les diverses espèces de fonte, les chimistes les plus exacts avaient fini par s'arrêter à l'idée de regarder le fer coulé comme du fer impur, non encore complétement ou parfaitement réduit, contenant en quelque sorte une portion d'oxide interposé entre ses parties ; cependant cette dernière assertion était encore en contradiction avec les connaissances exactes de la chimie, puisqu'il était bien reconnu qu'un oxide ne pouvait, en aucune manière, rester combiné avec le métal qu'il avait fourni. Aussi Bergman avait-il adopté une autre opinion sur la nature de la fonte ; il en attribuait les propriétés à la présence d'un métal particulier qu'il nommait *sydérite*, qu'on a bientôt reconnu comme une combinaison de phosphore et de fer, et qui, à la vérité, existe dans beaucoup de fontes, soit que cette matière provienne primitivement des mines limoneuses, soit qu'elle ait été fournie, comme cela arrive souvent, par certaines espèces de charbon de terre dont on alimente quelques hauts fourneaux. Mais quoique la présence de ce phosphure de fer ait lieu dans plusieurs fontes, et contribue à les rendre cassantes ; il suffit cependant qu'il y en ait qui n'en contiennent pas, pour qu'on n'attribue pas constamment la cause générale des propriétés du métal dans cet état à l'existence constante de ce composé dans le fer coulé : il fallait trouver une cause plus générale et constante dans toutes les fontes. Cette belle découverte fut due à trois savans français qui s'occupèrent en commun de cette recherche. Les citoyens Vandermonde, Monge et Berthollet trouvèrent, par de lumineuses expériences, et en employant en même temps toutes celles qui avaient été faites avant eux, sur-tout les

résultats de Bergman dans son analyse du fer, que la fonte n'était que du fer uni encore à une certaine proportion d'oxigène, et combiné en même temps à du carbone, et que les différences qu'elle présentait dépendaient de la proportion relative de ces trois matières. Leurs conclusions exactes et faciles à concevoir applanirent toutes les difficultés qui avaient jusque-là hérissé l'histoire de cette matière si utile, et expliquèrent avec clarté toutes les obscurités qui couvraient encore les divers procédés de la préparation ou de l'exploitation des diverses mines de fer.

47. Les métallurgistes distinguent avec soin plusieurs espèces, ou plutôt plusieurs variétés de fontes, et sur-tout quatre principales, désignées par les noms de fonte *blanche*, de fonte *grise*, de fonte *noire*, de fonte *truitée*.

A. La fonte blanche, très-reconnaisable à cette couleur brillante, d'un grain grossier, très-cassante, et la plus rapprochée de ces métaux fragiles qu'on nommait autrefois des *demi-métaux*, est en général la plus mauvaise et la moins *résistante de toutes;* elle contient le plus d'oxigène, ou se rapproche le plus de l'état de mine en oxide; elle tient ordinairement beaucoup de phosphure de fer; elle ne peut guère être employée que pour couler des ouvrages qui ne doivent résister ni à des pressions, ni à des chocs, et qui sont destinés à rester en place, telles que des plaques de cheminées.

B. La fonte grise, qui tient le milieu entre la blanche et la noire, doit cette couleur à une proportion plus grande de carbone, et a moins de phosphure de fer; souvent même elle ne contient pas du tout de ce dernier composé: cause de la fragilité de la fonte précédente et du fer qui en provient; elle est d'un tissu serré, peu brillant, d'un grain très-fin; elle se laisse limer et tourner facilement. C'est en général la fonte de meilleure qualité; elle casse assez difficilement; elle a de la ténacité et de la résistance entre ses molécules; elle est très-peu altérable; elle est plus douce que la plupart des

autres : aussi elle est employée avec avantage pour le coulage de beaucoup d'instrumens qui doivent résister aux poids, aux percussions, aux efforts et aux pressions quelconques, tels que les rouages, les volans, les canons de marine et de siége.

C. La fonte noire diffère de la précédente, en ce qu'elle contient beaucoup plus de carbone qui lui donne sa couleur; elle provient de la trop grande quantité de charbon employé pour l'obtenir, et du long séjour que la mine a fait dans son contact avec ce corps. Elle serait de l'acier, si on lui enlevait l'oxigène qu'elle contient : aussi elle est très-propre à se convertir en ce composé ; elle est très-fusible, mais susceptible de se briser en éclats par le choc, presque comme le verre, sur-tout quand elle est exposée à de subites et à de grandes variations de température : aussi ne l'emploie-t-on qu'à des usages où il ne faut que peu ou point de résistance, et à la fabrication de pièces peu importantes.

D. La fonte truitée, ainsi nommée parce que, sur un fond gris ou blanchâtre, elle offre dans sa cassure beaucoup de points noirâtres, plus ou moins étendus, comme ces taches que l'on voit sur la peau des truites, est un mélange de fonte blanche ou grise, et de fonte noire disséminée plus ou moins irrégulièrement dans la masse de la première. Elle participe des propriétés des deux, et provient d'une fusion inégale ou d'un refroidissement trop subit.

La nature bien connue de la fonte en général la présente comme du fer légèrement oxidé encore et plus ou moins carboné, et, en montrant sa différence d'avec le fer, explique facilement les propriétés qui la caractérisent. La présence de l'oxigène fait voir pourquoi elle a donné à Bergman, dans ses ingénieux essais, sensiblement moins de gaz hidrogène que le fer ; pourquoi elle est beaucoup moins altérable que lui par l'air et par l'eau ; pourquoi, à mesure qu'on lui fait subir des fusions successives, sur-tout dans les fourneaux de ré-

verbère, comme cela se pratique sur-tout pour la fonte des pièces d'artillerie, des cylindres d'un grand diamètre, des larges volans et de tous les grands ustensiles en général, elle se rapproche peu à peu de l'état de fer, et donne à chaque fois, suivant la forme et la durée du feu qu'elle éprouve, une portion plus ou moins abondante de carbure de fer véritable, bien reconnu par les trois physiciens cités ci-dessus; pourquoi, toutes les fois qu'on la puise fondue pour la couler par parties dans de petits moules, elle laisse sur les cuillers qui servent à cet usage un enduit brillant écailleux de carbure de fer très-reconnaissable. Une observation constante confirme sur-tout le dernier résultat: c'est qu'on trouve souvent dans les fourneaux où l'on traite les mines de fer pour obtenir la fonte, ainsi que dans les creusets où on la refond souvent, des morceaux même cristallisés de carbure de fer artificiel.

48. L'art ingénieux par lequel on convertit la fonte en fer proprement dit découle immédiatement de ce qui vient d'être exposé: on conçoit bien qu'il ne consiste que dans la séparation de l'oxigène et du carbone, dont l'union avec le fer constituait la fonte ou le fer coulé. Pour remplir cette condition, on expose à une haute température cette fonte que l'on se propose d'affiner. Le fourneau qui sert à cet affinage est une forge en fer un peu creuse, sur laquelle on place une masse de fonte que l'on entoure de toutes parts de charbon de bois; une tuyère porte sur ce combustible une grande quantité d'air mu avec une vîtesse plus ou moins forte. Comme la principale opération consiste à faire brûler le carbone contenu dans la fonte aux dépens de l'oxigène qui y est uni en même temps, et de chasser à la fois ces deux corps qui doivent se dégager combinés en gaz acide carbonique, il est nécessaire de faire fondre la masse, et d'en présenter successivement toutes les surfaces au dehors de la fonte, et de manière que l'acide gazeux puisse se dégager librement. Voilà

pourquoi, quand la fonte est ramollie, on la pétrit avec des ringards. On la retourne, à beaucoup de reprises, comme une véritable pâte. Par ce mouvement, le charbon extérieur ou de la forge enlève lui-même une portion de l'oxigène à la fonte, et son propre carbone en emporte en même temps une autre partie; la masse est à son extérieur dans une continuelle effervescence; les molécules du fer ainsi purifié se rapprochent peu à peu, se resserrent et s'unissent plus étroitement. Une partie du carbone de la fonte tend aussi à se séparer en carbure de fer; le phosphure ferrugineux, qui est souvent contenu dans la masse, reste toujours fluide, tandis que la portion de fer déja affiné, et qui est bien plus difficile à fondre que la fonte elle-même, commence à se figer, à devenir moins pâteuse; ce dont l'ouvrier qui la foule avec son ringard s'apperçoit à la difficulté qu'il éprouve à mouvoir et à retourner cette masse plus dense et plus voisine de sa solidité. Aussi dit-il alors, dans son langage très-expressif, que le fer *prend nature*. Alors il cesse de pétrir; il porte sa fonte prenant déja nature de fer, sur une forte enclume placée près du fourneau d'affinage; il la frappe avec un marteau très-pesant, mu par une machine à eau ou à vapeur. Cette percussion rapide rapproche les molécules du fer, exprime la portion de phosphure de fer encore liquide placé entre ses molécules, en détache le carbure de fer, ainsi qu'une partie de fer oxigéné qui recouvre la surface, et achève ainsi la purification du métal que l'action du feu et le pétrissage avait déja commencée. C'est ainsi qu'on obtient le fer proprement dit, le fer forgé, *ferrum cusum*.

49. Ce fer, presque toujours le produit de l'affinage et du martelage de la fonte, peut cependant être obtenu quelquefois sans fusion préliminaire et par une sorte d'affinage primitif. C'est ce qu'on observe dans le traitement de certains carbonates de fer et de quelques mines en oxide oligiste, tel que le fer de l'île d'Elbe. Il suffit de chauffer fortement, de

ramollir subitement ces mines, au milieu du charbon allumé qui en opère promptement la réduction, et de porter sur le champ cette espèce de fonte extemporanée sous le marteau pour en séparer les corps étrangers, la portion de laitier qui y adhère encore, ainsi que les divers corps étrangers, ou la fonte elle-même, qui y sont encore mêlés et fondus. Ce procédé est nommé *méthode catalane*, parce qu'on le pratique fréquemment en Catalogne ; souvent même cette pratique simple et fondée, comme on le conçoit, sur la nature de la mine elle-même, donne facilement de l'acier, parce qu'en traitant ainsi du carbonate de fer qui contient ce métal à l'état de pur oxide, on lui enlève aisément son oxigène, tandis qu'on y introduit du carbone. C'est pour cela qu'on nomme ce produit *acier naturel*, et les mines qui le fournissent, *mines d'acier*, comme je l'ai déja annoncé plus haut.

5o. Le fer affiné ou extrait de la fonte par les moyens indiqués est distingué par les fabricans et les divers ouvriers qui l'emploient, en différentes espèces suivant les propriétés dont il jouit et les différentes substances qu'il peut retenir encore en combinaison. On reconnaît d'abord du fer doux, et du fer aigre, souvent caractérisé par l'expression de *fer rouvrain*. Le fer doux est très-ductile ; il s'aplatit et se forge aisément à froid ; il est encore très-facile à travailler : on le plie à volonté, et on lui donne toutes les formes possibles. Celui qui, cassant après avoir été plié plusieurs fois dans le même endroit, présente dans sa cassure des filets ou fibres très-manifestes et très-sensibles, est nommé *fer nerveux*, parce qu'il résiste à la fracture et se laisse tirailler ou alonger plus ou moins avant de se rompre. Il faut observer cependant que le fer le plus nerveux dans son tissu peut être cassé net et d'un seul coup, si ce coup est très-violent et très-subit : de sorte qu'on ne verra plus ensuite son nerf intérieur ; tandis qu'en frappant à petits coups successifs et mesurés le fer le plus rouvrain, on peut lui faire présenter l'apparence de fibres et de

nerfs dans son tissu. On doit plus spécialement s'attacher à examiner le grain des fers cassés tous de la même manière, afin d'avoir un terme exact de comparaison, si l'on veut acquérir quelques notions précises sur leurs différences à la seule inspection. Le fer rouvrain ou aigre a un grain plus ou moins gros, ou une cassure remplie d'écailles brillantes, presque comme celles des véritables métaux fragiles. Le fer doux ne présente dans sa cassure subite que de très-petits grains serrés ; et pour peu qu'on le plie avant de le rompre, ou qu'on ne le rompe que par plusieurs coups successifs, il offre des fibres bien sensibles et même courbées dans la fracture.

51. On reconnaît encore des différences très-remarquables dans deux espèces de fer, l'un qu'on nomme *fer cassant à froid*, l'autre qu'on désigne par l'expression de *fer cassant à chaud*. Le premier va quelquefois jusqu'à se briser au moindre effort et presque comme du verre : il doit manifestement cette propriété au phosphure de fer qu'il contient, et on s'en assure, on en reconnaît en même temps la proportion en le dissolvant dans l'acide sulfurique étendu d'eau. Cette dissolution, conservée quelque temps dans un vaisseau conique, devient blanche et laiteuse ; elle laisse déposer peu à peu le phosphate de fer que le phosphure a formé par l'effet de la dissolution. Le second de ces fers se forge très-bien à froid ; mais, par une propriété singulière, à mesure qu'on le chauffe davantage, il devient fragile quand il est rouge blanc, et se brise plus ou moins fortement, tantôt comme du verre, et tantôt en se fendillant et se gerçant. On pense généralement aujourd'hui que cette dernière propriété dépend d'un alliage de quelques métaux étrangers, tels que le manganèse, et sur-tout l'arsenic ; que ce dernier, formant un alliage très-fusible, se ramollit dans les lieux où il se trouve disséminé ou logé entre les interstices du fer qui n'éprouve pas le même ramollissement, en sépare les molécules ou diminue singulièrement leur adhérence réciproque : ce qui le fait briser quand on le frappe.

52. Quant à l'acier, troisième état très-remarquable du fer, je n'en parlerai point ici, parce que c'est une combinaison particulière du fer et du carbone, souvent allié de phosphore, dont l'histoire sera mieux placée à son rang dans celle des composés du fer avec des corps combustibles : c'est d'ailleurs du fer proprement dit qu'il faut examiner les propriétés chimiques; et l'acier ne peut être considéré que comme un de ses composés, une de ses modifications.

E. *Oxidabilité du fer par l'air.*

53. Personne n'ignore que le fer exposé à l'air est de tous les métaux celui qui s'altère le plus, qui se convertit en rouille, se brise peu à peu en poussière jaune, et se détruit ainsi tout entier, même dans les morceaux les plus gros ou les plus épais, qui s'usent jusqu'à leur centre et se mêlent enfin à la terre, dont ils prennent la forme. Telle est la raison pour laquelle l'oxide de ce métal est si abondant et si fréquent parmi les fossiles, et semble, en se combinant à tous les autres corps, en se glissant, pour ainsi dire, parmi tous les composés, destiné à recouvrir et à colorer toute la surface du globe. On attribuait autrefois cet effet aux sels contenus dans l'air, sans avoir aucune connaissance réelle de la cause de cette forte altération. Depuis l'établissement de la doctrine pneumatique et les découvertes qui l'ont fondée, ce phénomène est un des faits chimiques les mieux connus. On sait que le fer est, dans l'ordre des métaux, le second, et immédiatement après le manganèse, relativement à sa propriété combustible, à sa tendance pour absorber et condenser à froid l'oxigène atmosphérique. On en a la preuve par une expérience aussi simple que décisive. En plongeant des fils de fer dans du gaz oxigène enfermé dans une petite cloche au dessus du mercure, on voit le volume de ce gaz diminuer au bout de quelques jours, le fer se rouiller à mesure, se

gonfler ou se boursoufler en apparence, se couvrir d'une poussière ou de fines écailles jaunâtres, qui se lèvent de dessus sa surface, qui ne tiennent que peu à la couche métallique, et qui finissent par pénétrer dans son intérieur, si la quantité du gaz oxigène est suffisante, et le contact entre les deux corps prolongé assez long-temps. Un peu d'eau favorise singulièrement cette action, et l'on verra plus bas pourquoi. Il y a un peu de calorique mis en liberté, et la température s'élève sensiblement dans l'intérieur de l'appareil. Le fer, en s'oxidant ainsi à froid et spontanément, augmente de poids dans la proportion juste de celui que le gaz oxigène perd. Le même procédé, pratiqué dans le gaz azote bien pur, ne produit rien de semblable. Ainsi, en considérant l'action de l'air entier sur le fer, on voit qu'elle dépend du gaz oxigène qu'il contient, et qu'elle consiste dans une combustion lente, dont le produit est la rouille qui ronge ce métal.

54. Autrefois on se servait de cette oxidation spontanée du fer à l'air pour préparer un médicament qu'on nommait *safran de Mars apéritif*. On exposait dans des vases de terre ou des verres neufs de la limaille de fer à la rosée de mai. Les idées que les alchimistes avaient conçues sur les effets de cette rosée, quoique chimériques sur leur cause, n'étaient pas sans fondement sur leur résultat. Il paraît certain que l'eau précipitée de l'air par son refroidissement pendant la nuit, est assez chargée de gaz oxigène pour agir avec une énergie très-sensible sur les corps qu'on y expose. C'était donc par la double action de l'oxigène atmosphérique et de l'eau que cette oxidation s'opérait. Le fer ainsi oxidé absorbait peu à peu l'acide carbonique de l'atmosphère, et jaunissait en devenant du carbonate : et en effet la rouille de fer, comme l'ancien *safran de Mars apéritif*, qui n'est qu'une espèce de rouille, traitée dans des vaisseaux fermés, donne du gaz acide carbonique, et passe à l'état d'une poudre noire qui n'est qu'un véritable oxide, comme on le prouvera bientôt. En raison de cette fa-

cilité avec laquelle le fer s'oxide spontanément et à froid à l'air, on a cherché depuis long-temps à le préserver de la rouille et à le conserver avec toutes ses propriétés, pour rendre son usage plus avantageux et sa durée plus permanente. Les couches de couleurs huileuses, siccatives et de vernis, une application d'huile souvent renouvelée et toujours entretenue, un enduit de carbure de fer rendu plus ou moins adhérent par la pression et par les mordans, des lames même de métaux beaucoup moins oxidables spontanément, comme l'étain, et même de ceux qui sont les plus précieux, comme l'argent et l'or, dont on réduit alors la condition à servir de conservateur et de soutien au fer, constituent les moyens les plus sûrs et les plus employés qu'on a mis en pratique pour remplir ce but.

55. La propriété combustible du fer s'accroît beaucoup avec la température. On ne peut pas chauffer ce métal avec le contact de l'air, sur-tout jusqu'à le faire rougir même obscurément, sans qu'il se brûle. Lorsqu'on fait cette opération sur de gros morceaux ou des barres de fer, elles se ternissent à leur surface; elles deviennent d'abord noires; ensuite cette surface se soulève, augmente de volume, se boursoufle, se sépare de la portion de fer non brûlée située au dessous. Si on les laisse refroidir dans cet état, et si on les frappe, on en détache des plaques noirâtres, cassantes et aigres comme du verre, d'un tissu très-serré et très-dur dans leurs dernières molécules, qu'on nomme *batitures* de fer, à cause du procédé qu'on suit pour les obtenir : c'est pour cela que les métallurgistes et les ouvriers qui connaissent bien cet effet, auquel tient la destruction très-prompte des plus grosses barres de fer en grille ou en support dans les fourneaux, pensent généralement qu'on ne peut pas faire fondre du fer sans le brûler; et cela est exact quand on le fond avec le contact de l'air. Les batitures de fer bien broyées donnent une poussière noire attirable à l'aimant. Fort semblables à l'oxide oligiste ou oxidule, si on les observe avec soin, on reconnaît qu'elles

ont éprouvé une véritable fusion au moins pâteuse ; que c'est à cette fusion qu'elles doivent leur boursouflement ou leur soulèvement ; que les molécules qui les composent se sont cristallisées par le refroidissement ; que leur rapprochement les rend plus dures et plus cassantes que n'étaient celles du fer, et que si on les broie le plus finement qu'il est possible, elles forment une poussière noire brillante. La portion de fer ainsi brûlé ou oxidé a augmenté de poids de 25 à 27 sur 100 du métal. C'est elle qui forme dans tous les travaux où l'on chauffe du fer, où on le laisse plus ou moins long-temps plongé rouge dans l'air, où on le frappe après l'avoir fait rougir pour le forger, le souder, ces lames, ces feuillets, ces fragmens irréguliers, ces espèces de scories qui sont si fréquentes dans les ateliers où on traite ce métal. Il ne faut cependant pas les confondre avec les véritables scories mieux fondues, fritées ou vitrifiées, qu'on nomme *mâchefer*, et qui contient des terres ou des cendres de charbon de terre, combinées avec l'oxide de fer par la vitrification.

56. Tout le monde a pu remarquer encore que ces battitures de fer, long-temps chauffées avec le contact de l'air, ou plusieurs fois de suite exposées au feu, prennent une nuance de rouge brun très-sensible : c'est une continuité d'oxidation qu'on opère bien mieux lorsqu'on fait chauffer et rougir fortement du fer en limaille, qui, après avoir pris la couleur noire, passe ensuite au brun ou au rouge foncé. Dans cet état, qu'on n'obtient que par une agitation continuelle en même temps qu'à une haute température soutenue pendant plusieurs heures de suite, l'oxide de fer contient plus de 0.40 d'oxigène, et il est sous la forme de poussière plus ou moins ténue. On nommait autrefois cet oxide brun *safran de Mars astringent*. Les propriétés de cette espèce d'oxide diffèrent de celles du précédent ou de l'oxide noir. On peut y distinguer deux portions d'oxigène, parce qu'elles y adhèrent avec des degrés de force différens. Les 0.25 de ce principe y tiennent bien plus que

les 0.15 à 0.20 qui y sont ajoutés dans l'état d'oxide brun : on pourrait appeler la première portion *oxidulante*, et la seconde, *oxidante*. Celle-ci peut être aisément enlevée par le fer métallique, qui, en partageant avec le premier cet oxigène oxidant, constitue un oxide noir uniforme dans toute la masse. C'est ainsi que le citoyen Vauquelin a trouvé qu'en chauffant parties égales de fer en limaille et d'oxide de fer rouge, on obtient, sans qu'il se dégage rien, un total d'oxide noir qui ne contient plus qu'environ 0.25 d'oxigène, tandis que l'oxide rouge en contenait auparavant 0.40 à 0.49. L'oxide brun de fer n'est pas d'ailleurs réductible par la seule action du feu, et ne laisse pas séparer son oxigène par le seul calorique.

57. Tous les phénomènes déja indiqués d'oxidation du fer n'appartiennent qu'à sa combustion lente ; et il est cependant un assez grand nombre de circonstances où ce métal brûle avec une rapidité et une énergie qui représentent une véritable déflagration, une inflammation plus ou moins violente. Quand on jette, par exemple, de la limaille de fer dans un brasier bien ardent, elle brûle avec des étincelles et une décrépitation très-sensibles. La même chose a lieu lorsqu'on la fait tomber sur la flamme d'une bougie, ou lorsqu'on lance à travers de la limaille très-fine. En visitant les fourneaux où l'on fond ces mines, les forges où l'on affine la fonte, les usines où on refond la fonte au réverbère, et où on la coule dans de vastes moules, les ateliers où l'on donne au fer une chaude pour le forger, en le frappant à coups redoublés : on voit par-tout brûler ce métal avec une flamme vive, avec des étincelles très-brillantes et lancées au loin comme des gerbes de feu ou d'artifice. En faisant passer à travers des fils même assez gros de ce métal l'étincelle électrique foudroyante, au moyen d'une forte batterie, on voit, comme l'a le premier indiqué le professeur hollandais Van-Marum, les fils s'enflammer avec bruit, perdre leur tissu et leur solidité, se pulvé-

riser avec fracas, et se dissiper dans l'air en une fumée qui se condense en poussière d'un brun noirâtre. Enfin, le simple art de battre le briquet, si ingénieusement imaginé pour se procurer du feu, n'est fondé que sur la propriété qu'a ce métal même à l'état d'acier, de s'allumer et de s'enflammer dans l'air; et les étincelles que l'on obtient ne sont que des parcelles de fer détachées du briquet par la pierre dure, si fortement comprimées et percutées, qu'elles rougissent sur-le-champ, et qu'elles s'enflamment à l'aide du gaz oxigène atmosphérique : aussi, en recueillant le produit de ces étincelles sur des papiers blancs, on obtient une poudre noire dont chaque grain, fortement grossi par la loupe, offre un petit boulet arrondi et creux d'oxide noir de fer très-cassant, quoiqu'encore attirable à l'aimant.

58. On augmente beaucoup encore l'énergie et la rapidité de cette combustion ardente lorsque l'on plonge un fil de fer rougi dans un verre rempli de gaz oxigène, comme Ingenhousz l'a observé le premier. On a tellement varié et agrandi son expérience, qu'on en fait aujourd'hui une de celles qui donnent le plus beau spectacle qu'on puisse voir. On remplit un flacon de verre blanc, qui porte un fond mastiqué de cuivre, en laissant un peu d'eau sur son fond : on attache à un bouchon de liége, recouvert à sa face inférieure d'une couche de fer-blanc pour empêcher le liége de prendre feu, un fil de fer de clavecin, ou un ressort mince de pendule, à l'extrémité duquel on place un peu d'amadou allumé; on y remet ensuite le bouchon dans le goulot du flacon : l'amadou, plongé dans le gaz oxigène, s'allume vivement, fait rougir l'extrémité du fil ou du ressort; et celui-ci, une fois bien rouge, se fond et brûle avec des gerbes et des étincelles très-brillantes et très-nombreuses. Chacune d'elles, ainsi que la portion de fer fondu et rouge blanc qui tombe goutte à goutte de l'extrémité du fer, recueillie au fond de l'eau, est une petite sphère creuse d'oxide de fer noir fondu. Souvent, si le

gaz oxigène est bien pur et assez abondant, tout le fer brûle, avec cet éclat brillant, jusqu'à la dernière molécule qui y est plongée. Lavoisier a constaté qu'il augmentait d'environ de 0.27 pour 100. On produit le même incendie du fer en versant, à l'aide d'un tube, du gaz oxigène sur le fer fondu au chalumeau dans un creuset de charbon. On donne encore naissance à un phénomène analogue sans avoir recours à l'action du gaz oxigène, soit en enfonçant dans la flamme d'une bougie ces fils de fer extrêmement fins, qui forment la base des plus petites branches des carcasses que les femmes emploient pour leurs bonnets, soit en exposant du fer au foyer des verres ardens, qui rassemblent les rayons solaires : enfin, on verra par la suite que beaucoup de corps qui portent une grande quantité d'oxigène, et qui le laissent séparer promptement, ont la même propriété d'enflammer le fer et de le faire brûler avec bruit et étincelles. On voit donc qu'il en est de ce métal comme de beaucoup de corps combustibles, qui ont deux manières de brûler, l'une lente, et l'autre rapide.

F. *Union avec les corps combustibles.*

59. Le fer est une des matières qui se combine le mieux avec les différens corps combustibles, et qui fournit dans ses combinaisons le plus grand nombre de composés utiles. On ne connaît pas cependant d'union immédiate entre lui, l'azote et l'hidrogène ; il paraît néanmoins que, dans quelques circonstances, le gaz hidrogène peut dissoudre et entraîner avec lui un peu de fer avec du carbone. On sait que l'hidrogène, même dans l'état de gaz, est susceptible d'enlever à son oxide rouge la portion d'oxigène qui y est contenue au-delà de son oxidation en noir, et que c'est ainsi que le contact de ce gaz chaud, sur-tout avec de l'oxide rouge de fer, le fait bientôt repasser à l'état d'oxide noir, sans pouvoir lui enlever jamais la partie d'oxigène qui lui est unie dans ce der-

nier état, et qui adhère très-fortement au fer, comme je l'ai déja fait voir.

60. Le carbone se combine facilement avec le fer, lorsque celui-ci est fondu ou seulement sur le point d'être fondu en contact avec du charbon très-divisé. Quand le charbon absorbe lui-même un peu de fer, et seulement un dixième de son poids, il devient moins combustible qu'il n'était. Il prend le brillant métallique; il est en un mot du carbure de fer qu'on prépare artificiellement dans une foule de circonstances, soit en chauffant fortement des charbons déja ferrugineux dans des vaisseaux fermés, soit en décomposant à un grand feu des matières organiques qui contiennent un peu de fer, et qui, réduites à l'état charbonneux, montrent souvent dans leur résidu le caractère de carbure de fer; soit, et c'est le procédé le plus fréquent de sa fabrication artificielle, en fondant le fer au milieu de charbons entassés, dont une partie prend ce caractère, ou en refondant plusieurs fois de suite de la fonte, de laquelle il se sépare réellement à chaque fois une certaine quantité de ce composé; soit en chauffant fortement sur du fer des huiles et des graisses qui, en se charbonnant à sa surface, y forment une couche adhérente de carbone ferrugineux capable de le défendre contre sa propre oxidation.

61. Il y a un second genre de combinaison entre le fer et le carbone d'une bien plus grande importance encore que celle du carbure de fer par ses propriétés et ses nombreux usages. Elle est opposée à la précédente par ses proportions : ce n'est point un composé de beaucoup de carbone et de peu de fer, c'est au contraire un composé de beaucoup de fer et de peu de carbone. On le connaît sous le nom d'acier, *chalybs*. La théorie de sa fabrication, qui a pendant long-temps occupé les chimistes, sur laquelle ils ont eu des opinions très-différentes suivant les divers degrés d'avancement de la science, depuis les premières notions données par Aristote et Pline qui la connaissaient, jusqu'à Réaumur, qui, dans son ouvrage monographique sur cette

composition, s'est le plus approché de la vérité, a enfin été mise hors de doute d'après les expériences de Bergman, de Réaumur, du citoyen Guyton, confirmées, étudiées et comparées par celles des citoyens Vandermonde, Monge et Berthollet. Il résulte de toutes ces recherches comparées les unes aux autres, que, dans le cas où l'on enlève rapidement l'oxigène à la fonte sans lui enlever en même temps le carbone, ou bien en lui restituant celui qui s'échappe de son intérieur avec cet oxigène sous la forme d'acide carbonique, on obtient de l'acier : c'est celui qu'on nomme *acier naturel;* que dans toutes les circonstances où l'on chauffe plus ou moins long-temps et assez fortement pour le bien ramollir, du fer pur ou doux, entouré en même temps de charbon très-divisé, celui-ci pénètre l'intérieur du fer, se combine couche par couche avec lui, et le fait passer à l'état d'acier du dehors au dedans : celui-ci est nommé *acier de cémentation*, *acier factice*. On le fabrique en général de la manière suivante. On place des barreaux de fer dans un creuset, de manière qu'ils soient entourés de toutes parts de charbon en poudre, sans se toucher, et sans toucher aussi les parois du creuset; on recouvre et on lute bien ce vase; on le chauffe dans un bon fourneau jusqu'à le porter au rouge blanc pendant sept à huit heures. Quand le tout est bien refroidi, on trouve le charbon dans le même état où on l'a mis; les barreaux conservent leur forme et leur situation; ils sont seulement chargés de quelques boursouflures qui annoncent le ramollissement de leur surface et le dégagement d'un gaz. Mais leur intérieur découvert par l'action de la lime offre un état bien différent de ce qu'il était. Son grain est plus gros et plus brillant qu'auparavant; il est aigre et cassant; il a besoin d'être chauffé et forgé pour recouvrer sa ductilité; il est alors plus malléable qu'il ne l'était. Si on le plonge dans l'eau froide après l'avoir fait rougir, il prend une dûreté que le fer n'acquiert jamais par le même procédé; si on le touche avec de l'acide nitrique, il présente

une tache noire à l'endroit touché, en un mot il est converti en acier.

62. Voici les principales propriétés qui distinguent l'acier du fer. Outre celles que je viens d'indiquer en général, il prend un poli plus vif que lui et une couleur plus blanche; il est un peu plus pesant; il est plus ductile quand il a été forgé; il acquiert par la trempe une dureté et une élasticité très-fortes, ainsi que la qualité sonore qu'on reconnaît dans l'instrument nommé triangle; il est moins attirable à l'aimant, reçoit plus lentement, mais conserve mieux que le fer la propriété magnétique; la percussion et le frottement la lui communiquent à un plus haut degré; il ne s'oxide point si promptement à l'air: il partage, à la vérité, cette propriété, ainsi que plusieurs autres, avec la fonte. Quand on le chauffe avec le contact de l'air à la simple chaleur du recuit, il se colore bien plus sensiblement que le fer, et passe successivement par des nuances constantes, à l'aide desquelles on juge et on détermine même l'espèce de recuit divers qu'on lui donne dans les arts. En perdant en même temps la dureté que la trempe lui avait communiquée, il passe sur les surfaces polies au blanc, au jaune, à l'orangé, au pourpre, au bleu; et cette dernière nuance disparaît enfin pour faire place à la couleur d'eau, lorsqu'on lui donne le plus fort recuit. En brûlant l'acier il exhale une petite flamme bleue, et souvent une odeur d'ail: aussi y trouve-t-on toujours par l'analyse une petite proportion de phosphore, comme il résulte des dernières expériences faites par le cit. Vauquelin sur différentes espèces d'acier comparées. Rinman a trouvé qu'il était près de deux fois plus dilatable que le fer par la chaleur: la fonte se rapproche de lui par cette propriété; il est moins fusible que la fonte et plus fusible que le fer. On peut le couler et lui conserver sa ductilité: mais cet acier fondu est ensuite très-difficile à brûler au feu, et ne peut pas se souder au feu sans une autre espèce d'acier intermédiaire. Il brûle avec des étincelles rouges et moins bien que

le fer. Il donne plus de gaz hidrogène par l'action des acides sulfurique et muriatique que la fonte, et moins que le fer doux ; et ce gaz hidrogène est toujours carboné. Dans toutes ses dissolutions il reste une poudre noire qui est du carbure de fer, plus abondant dans l'acier de fonte que dans celui de cémentation, et variant singulièrement dans ses proportions, suivant les diverses espèces d'acier que l'on dissout. C'est à ce carbure de fer séparé qu'est due la tache noire formée sur les aciers par l'acide nitrique, tache qui forme un très-bon caractère distinctif pour reconnaître l'acier d'avec le fer. Par sa détonation avec le nitre et le muriate suroxigéné de potasse, l'acier donne des étincelles plus rouges que la limaille de fer ; il fournit de l'acide carbonique qu'on peut recueillir en gaz, et par la quantité duquel on peut savoir la proportion de carbone qu'il contient.

63. L'analyse des aciers, faite par Bergman, Rinman, les citoyens Guyton, Berthollet et Vauquelin, en donnant à la science les résultats généraux que je viens de faire connaître, a prouvé encore qu'il ne fallait que quelques millièmes de carbone pour convertir le fer en acier ; que l'on ne connaît point encore le *minimum* du carbone nécessaire pour opérer cette conversion ; que le *maximum* qu'il atteint très-facilement lorsqu'il est trop cémenté, le rapproche en quelque sorte de l'état de fonte noire ; que le phosphore y est contenu assez constamment à la dose de la moitié de celle du carbone ; qu'on y trouve aussi constamment de la silice et du manganèse ; mais qu'on ne sait point encore l'influence que ces corps y portent, quoiqu'il soit vraisemblable qu'ils ne sont point essentiels à la formation et à la nature de l'acier. Le citoyen Vauquelin a fait, relativement à cette analyse de l'acier, des réflexions très-judicieuses sur ce que ce composé n'est jamais dans un rapport constant de composition, et sur l'impossibilité de déterminer ce rapport d'une manière absolue. Au reste, il est aisé de concevoir que s'il faut une si légère proportion de carbone uni au

fer pour le constituer acier, la moindre variation dans cette proportion pourra en faire naître une dans les propriétés de l'acier : en sorte que celui-ci pourra être extrêmement varié, comme il l'est en effet dans les arts où on l'emploie avec une foule de modifications qui le rendent plus ou moins précieux ou utile. La trempe, en le durcissant, le modifie encore de beaucoup de manières, et le rend susceptible de remplir une foule d'usages réellement différens, comme on peut s'en convaincre en parcourant les divers ateliers où on l'emploie, et les procédés multipliés qu'on y suit pour préparer les aciers qu'on y travaille. Si l'on compare les diversités d'état, de couleur, de grain, de dureté, de ténacité, de ductilité ou d'aigreur que contracte l'acier, à celles dont jouissent la fonte de fer et le fer forgé, traités eux-mêmes diversement, on sentira mieux encore qu'on n'a pu le faire jusqu'ici cette remarquable propriété qui distingue si éminemment ce métal de tous les autres ; savoir, ses états variés, qui en forment comme une suite de substances métalliques, plus différentes entre elles que ne le sont quelques véritables espèces de métaux que tous les hommes reconnaissent cependant comme réellement différens entre eux.

64. Malgré la multiplicité de variétés que ces besoins et les finesses des procédés des arts obligent de reconnaître dans l'acier, on n'en distingue cependant que trois espèces principales qui, à la vérité, renferment sous elles toutes les variétés possibles ; savoir,

a. L'acier de fonte ou *l'acier naturel*. On le tire immédiatement de la fonte ; il est toujours inégal, sujet à avoir des gerçures et des pailles, moins dur et moins cassant que les deux autres ; il se soude mieux à la forge : il est d'un plus bas prix, parce qu'il exige moins de frais dans sa préparation. Il sert à faire des instrumens aratoires, des ressorts, de la coutellerie commune : c'est celui qui se rapproche le plus du fer.

b. L'acier de cémentation, *l'acier factice* ou *artificiel*. Il offre

un grain plus égal dans sa cassure, prend un poli plus beau que le précédent; il est plus dur et plus cassant; il faut le forger avec plus de ménagement : plus parfait que lui, on l'emploie à tous les usages auxquels sont nécessaires les propriétés que je viens d'exposer.

c. L'acier fondu: c'est celui qui provient de la fonte de l'un ou de l'autre des deux précédens. Il n'a jamais les boursouflures qu'on trouve souvent dans ceux-ci; aussi est-il susceptible du plus beau poli. Il est propre à la fabrication des rasoirs, des lancettes, des filières, des laminoirs et de la bijouterie. C'est avec cet acier qu'on fait tous les bijous brillans qui jettent tant d'éclat et qui donnent tant de prix à la main-d'œuvre. Cette espèce d'acier est la plus précieuse des trois : les Anglais ont été jusqu'ici presque possesseurs exclusifs de sa préparation.

65. Quelques-uns des faits énoncés dans les détails précédens ont fait voir que le phosphore est susceptible de se combiner au fer. Pelletier a obtenu cette combinaison par plusieurs moyens. En fondant parties égales de fer en copeaux et d'acide phosphorique vitreux avec un sixième du poids de ce dernier de charbon en poudre, il a obtenu un phosphure de fer très-aigre, blanc dans sa cassure, d'un tissu strié et grenu, attirable à l'aimant, cristallisé dans quelques points en prismes rhomboïdaux : c'est la *sydérite* de Bergman, qu'il avait prise pour un métal particulier. Ce phosphure s'est fondu sous la moufle; il a laissé sur la coupelle un oxide de fer qui avait en partie pénétré le vase : il contenait 0.20 de phosphure. Pelletier a obtenu le même composé en chauffant sans charbon parties égales de limaille de fer et de verre d'acide phosphorique. C'est alors le fer qui décompose une partie de l'acide phosphorique, et la convertit en phosphore qui s'unit à la portion de fer non oxidé; il y a un phosphate de fer en verre noir. On forme également, suivant lui, du phosphure de fer en jetant sur de la limaille rougie dans un creuset, du phos-

phore en petits morceaux : sur-le-champ le fer entre en fusion, et il absorbe le phosphore, avec lequel il se combine. Un peu de fer est oxidé par l'eau qui mouille le phosphore, et dont il est impossible de le priver entièrement ; et cet oxide, uni à un peu d'acide phosphorique, forme un verre noir qui recouvre le métal phosphoré, et qui, comme fondant très-actif, attaque le creuset, le pénètre, et se filtre à travers ses parois. On verra plus bas qu'on peut se procurer le phosphure de fer facilement et à peu de frais, en décomposant le phosphate de fer par le charbon. C'est ainsi que les mines de fer limoneuses, qui contiennent si souvent du phosphate de fer natif parmi l'oxide très-abondant de ce métal qui en constitue la base, donnent, après l'affinage de leur fonte, un fer cassant à froid, et qui doit cette mauvaise qualité, si dangereuse pour les arts, à un phosphure de fer qui s'y trouve uni, que Bergman avait méconnu, et regardé comme un métal particulier, sous le nom de *sydérite*, et qui, dans la dissolution de ce fer cassant par l'acide sulfurique, donne spontanément, lorsqu'on l'étend d'eau, un précipité blanc de phosphate de fer.

66. La combinaison du fer avec le soufre se fait de plusieurs manières différentes. A froid, à sec, ces deux corps ne s'unissent pas intimement, quoiqu'ils ne soient pas absolument sans action l'un sur l'autre ; mais quand on ajoute de l'eau, cette union s'opère avec facilité. On fait une pâte avec parties égales de soufre en poudre et de limaille de fer fine, que l'on mêle bien par la trituration, et suffisante quantité d'eau : cette pâte, exposée à l'air, s'échauffe bientôt, se boursoufle, se fendille, exhale des vapeurs qui prennent l'odeur de gaz hidrogène sulfuré, et qui s'enflamment souvent spontanément. Quoique l'air contribue à cette action, puisque M. Priestley a trouvé qu'il était altéré par ce mélange, et qu'il perdait une portion de son oxigène, l'eau est véritablement décomposée ; c'est elle qui fournit la plus grande quantité de ce principe au fer : celui-ci est oxidé ; le soufre

est en même temps brûlé et converti en acide sulfurique ; l'hidrogène se dégage en gaz en entraînant une petite portion de soufre. Si le mélange ne s'échauffe pas assez pour s'enflammer, il s'arrête à l'état de sulfure de fer, ou même en plus grande partie d'oxide de fer hidrosulfuré, d'où les acides peuvent dégager avec effervescence une grande quantité de gaz hidrogène sulfuré : c'est même le moyen que plusieurs chimistes modernes ont proposé pour obtenir abondamment ce gaz. Si la température s'est beaucoup plus élevée dans ce mélange ; s'il s'en est dégagé beaucoup de gaz hidrogène sulfuré ; s'il y a sur-tout inflammation, le résidu est rouge, et semblable au sulfate de fer calciné. En le lessivant dans l'eau, on en retire un peu de sulfate suroxigéné de fer, dont il sera question plus bas. On voit donc que le mélange simple de soufre et de fer humecté se brûle spontanément, et tend à se sulfatiser comme le sulfure de fer naturel, qui éprouve, comme je l'ai dit plus haut, une pareille altération, qu'on nommait autrefois *efflorescence* ou *vitriolisation* des pyrites. La chaleur, le boursouflement, les vapeurs inflammables et l'inflammation même qui s'excitent dans ce mélange, avaient fait penser à Lémery le père qu'elle était la cause de l'incendie des volcans. Il avait même dit avoir imité un petit volcan, en plongeant dans la terre un vase rempli de soufre et de limaille de fer humecté, qu'il recouvrait de terre. Le sol, suivant lui, était soulevé, fendu ; il s'exhalait des vapeurs ; les fentes se couvraient d'une poussière jaune ou rougeâtre de soufre sublimé ; quelquefois même l'action réciproque des matières allait jusqu'à l'inflammation du mélange. Cette expérience a long-temps porté le nom de *volcan artificiel* de Lémery ; mais Bucquet, qui l'a répétée avec soin, n'en a point obtenu le même résultat, quoique rien ne s'oppose à la regarder comme bien d'accord avec tous les phénomènes bien connus.

67. On unit le fer avec le soufre par plusieurs autres procédés. Quand on chauffe ces deux corps bien mêlés et en

poudre à parties égales dans un creuset, ils se fondent très-aisément, en comparaison de l'infusibilité du fer ; on obtient un sulfure de fer en grains ou en stries grises foncées, très-dur, fragile, très-scintillant avec le briquet, qui ne s'altère que très-lentement par le contact de l'air et de l'eau dans son état d'aggrégation, mais qui s'échauffe, se brûle et se réduit en sulfate rouge de fer par ce même contact, lorsqu'il est auparavant réduit en poussière. On opère un composé à peu près semblable en faisant traverser un morceau ou canon de soufre par une baguette de fer rouge à blanc. La partie de cette baguette qui touche le soufre se fond tout-à-coup, se combine avec ce corps combustible ; et reçue en gouttelettes livides dans de l'eau, ces gouttes se figent en larmes dures, grises dans leur cassure, en véritable sulfure de fer analogue au précédent. Il est évident, d'après ces faits, qu'en scellant dans les pierres, comme on l'a proposé, les barres de fer à l'aide du soufre fondu, elles forment avec lui un sulfure cassant, qui doit avertir qu'il ne faut pas ensuite faire supporter à ces barres des poids considérables, si on ne veut pas les voir se briser dans leur scellement. Le sulfure de fer ainsi préparé n'imite point exactement celui de la nature ; il n'en a point la couleur jaune, et sur-tout l'éclat et le brillant doré. Il est vraisemblable que cela est dû, soit à l'alumine ou autres matières qui sont combinées avec le soufre et le fer dans les *pyrites*, soit au mode même de la composition, que la nature paraît former au moyen de l'eau, tandis que l'art ne l'opère que par le feu. La cristallisation du sulfure de fer artificiel n'imite pas non plus celle du naturel. On n'allie que difficilement les oxides de fer avec le soufre. A un grand feu, l'oxide en perdant une portion de son oxigène, s'unit au soufre et forme un composé sulfuré plus foncé en couleur que le sulfure de fer, et qui est toujours recouvert d'une poussière noire.

68. Les sulfures alcalins ne dissolvent que très-peu le fer, ils dissolvent mieux les oxides de ce métal, qu'ils font repasser

au noir, et qui leur donnent une couleur verte très-intense : il paraît que cette couleur des dissolutions des sulfurés alcalins ferrugineux est due en grande partie à l'union de l'hidrogène sulfuré avec le fer ; car les acides qui dégagent ou décomposent ce combustible mixte, si fugace et si altérable, la font promptement disparaître, et blanchissent ces dissolutions en quelque petite quantité qu'on les y ajoute. Le gaz hidrogène sulfuré ne s'unit point au fer, mais il agit très-promptement sur ses oxides. A l'instant où l'on jette de l'oxide de fer rouge dans une eau qui tient ce gaz en dissolution, cet oxide change de couleur, passe au noir plus ou moins foncé, et l'eau perd son odeur fétide si l'on y a mis une suffisante quantité de ce métal brûlé. La poudre noire recueillie et séchée répand une flamme bleue, et exhale l'odeur d'acide sulfureux quand on la jette sur des charbons allumés : traitée par l'acide muriatique, elle fait effervescence et donne du gaz hidrogène sulfuré : ainsi, c'est un oxide de fer hidrosulfuré, qui s'est formé par l'union de l'oxide de fer en partie réduit avec l'hidrogène sulfuré tenu en dissolution dans l'eau, dont l'odeur a été dissipée au moment même de cette union.

69. Le fer s'allie à beaucoup de substances métalliques, et forme par ses alliages des composés très-utiles. Il se combine à l'arsenic par la fusion ; il réduit même l'acide arsenieux avec lequel on le chauffe ; et il résulte des expériences de Wallerius, de Gellert et de Weigel sur cette espèce d'alliage, qu'il est cassant, d'une couleur blanche, analogue au fer arsenié natif ou *mispickel*, beaucoup plus fusible que le fer, et qu'on s'en sert pour faire des agraffes, des chaînes et des bijous, à raison du brillant vif et de la beauté du poli qu'il reçoit. Bergman regarde cet alliage comme la cause de la fragilité du fer cassant à chaud.

70. On n'a rien dit ou presque rien dit encore de l'union du fer avec le tungstène, le molybdène, le chrome, le titane et l'urane. Son alliage avec le cobalt a été indiqué par plusieurs chimistes ; Wallerius, en le décrivant, dit qu'on peut

allier ces deux métaux sans perte, lorsqu'on y ajoute du flux noir et de la poussière de charbon. Cet alliage, suivant lui, est attirable à l'aimant, même quand il ne contient qu'une partie de fer sur trois parties de cobalt; mais j'ai fait voir plus haut qu'une bien plus petite portion de fer pouvait rendre ce dernier métal attirable, et que, même dans son état de pureté, il paraissait décidément jouir de cette propriété. L'alliage du fer et du cobalt est formé de petits grains très-serrés, très-durs, et qu'on ne peut casser que difficilement : quelques chimistes l'ont comparé à l'acier.

71. Suivant Cronstedt, le fer s'unit très-bien au nickel, et il a pour ce dernier une attraction tellement forte, qu'il lui a donné le premier rang. Il remarque encore que cette union est favorisée par le soufre. On a vu ailleurs que cette combinaison avait paru si intime et si difficile à détruire au célèbre Bergman, qu'il avait désespéré de parvenir à priver complétement le nickel de fer, et qu'il avait été porté à croire que ces deux métaux se rapprocheraient singulièrement l'un de l'autre, et pourraient bien, ainsi que le manganèse et le platine, n'être que des modifications particulières de la même substance naturelle; mais les règles que cet habile chimiste a établies lui-même dans la manière de raisonner en philosophie naturelle, ne permettent pas d'adopter cette opinion, puisque le plus grand nombre des propriétés qui caractérisent ces matières métalliques sont plus différentes entre elles que celles par lesquelles elles se ressemblent, et puisque d'ailleurs on n'a jamais pu les convertir les unes dans les autres, ou les rapprocher, les rendre parfaitement semblables; condition absolument nécessaire pour admettre une identité réelle entre deux ou plusieurs matières, comme le professeur suédois l'a établi lui-même dans ses précieux ouvrages.

72. On n'a point examiné encore avec assez de soin l'alliage du fer avec le manganèse, pour en bien connaître les propriétés : on sait seulement que ces deux métaux se trouvent sou-

vent combinés entre eux ; que cette union rend le fer fragile ; que le manganèse accompagne fréquemment les mines de fer ; qu'il se trouve dans la fonte et dans le fer forgé qui en proviennent ; qu'il est très-difficile de séparer les dernières portions de fer du manganèse ; que celui-ci est toujours attirable à l'aimant ; et que ces deux métaux ont tant d'analogie l'un avec l'autre, que l'on serait tenté de les regarder, avec Bergman, comme de simples modifications de la même substance, s'ils ne présentaient pas cependant des différences assez marquées dans leurs propriétés exactement comparées. On ignore encore quelle influence le manganèse apporte au fer dans la combinaison si fréquente qu'il forme avec ce métal, soit dans l'état de fonte, soit comme fer forgé, soit sous la forme d'acier.

73. Henckel a remarqué, le premier, que le fer se combinait avec le bismuth, et formait avec lui un alliage cassant, attirable à l'aimant, quoique la proportion du bismuth y allât jusqu'aux trois quarts. Muschenbroëck a trouvé, par ses essais, que parties égales de bismuth et de fer s'unissaient mal ; qu'il en résultait un métal très-fragile, inégalement combiné, puisqu'il y avait dans la masse des parties dures et des portions plus molles. Il n'a pu examiner la ténacité de cet alliage que dans deux cas : l'un, où il y avait vingt parties de fer sur une partie de bismuth, s'est brisé par un poids de 151 livres ; l'autre, composé de quatre parties de fer et de trois de bismuth, lui a offert un métal creux dans son milieu, qui s'est rompu par un poids de 35 livres. Gellert a observé que le fer bismuthé était spécifiquement plus léger que la moyenne indiquée par le rapport de la pesanteur spécifique de chacun de ces métaux à leur proportion. Quelques chimistes modernes se sont trompés en concluant, des prétendues analogies du bismuth avec le plomb, que le premier de ces métaux ne devait pas être susceptible de s'unir au fer. Les expériences et les faits doivent être préférés aux simples raisonnemens.

74. Le fer s'unit facilement à l'antimoine par la fusion.

Cet alliage, fait à parties égales, n'est pas ductile ni attirable à l'aimant; il est dur, à petites facettes, et ne s'aplatit que très-peu sous le marteau avant de se rompre; il ressemble à la fonte de fer, suivant Wallerius. Juncker a remarqué que le fer fondu avec la moitié de son poids d'un alliage d'antimoine et d'étain donnait un métal très-dur, très-fragile, qui brûlait comme du bois par le moyen du nitre. On nommait autrefois l'alliage du fer et de l'antimoine *régule martial;* mais on le préparait par le sulfure d'antimoine. Le fer a plus d'attraction pour le soufre que n'en a l'antimoine; lorsqu'on le fait chauffer avec le sulfure, il le décompose et s'empare de son soufre. Les auteurs de chimie ont beaucoup insisté sur cette opération, et en ont donné beaucoup de recettes différentes par les doses et le mode de la faire; ils en avaient aussi fait la base de plusieurs préparations pharmaceutiques oubliées entièrement et abandonnées aujourd'hui. Voici le procédé le plus généralement adopté sur cette décomposition. On fait rougir dans un creuset cinq parties de pointes de cloux de maréchal ou de fer doux en très-petits fragmens : on y jette ensuite seize parties de sulfure d'antimoine concassé; on donne sur-le-champ un bon coup de feu pour opérer la fusion du mélange, qui a lieu promptement. Quand la matière est bien fondue, on projette dans le creuset une partie de nitre en poudre qui brûle une portion du sulfure de fer, et facilite, à l'aide de son alcali fondant, la séparation des scories d'avec l'antimoine. Le mélange refroidi offre ce dernier métal bien rassemblé et pur au fond du creuset. Si, au lieu de cinq parties de fer contre seize de sulfure d'antimoine, on emploie la moitié de fer, l'antimoine qu'on obtient est allié de fer, et formait autrefois le régule martial. Dans cette opération, le fer s'unit au soufre, et forme un sulfure léger qui surmonte en scories l'antimoine fondu et précipité au fond du creuset. Quand on augmente la proportion de nitre employé, les scories sont jaunâtres; et Stahl les avait nommées *scories succinées.*

En les pulvérisant, en les faisant bouillir dans l'eau, et en faisant détoner trois fois de suite avec le nitre la poudre indissoluble qu'on lessivait une dernière fois, on préparait le *safran de mars antimonié apéritif* de Stahl.

75. Il n'y a aucune combinaison entre le fer et le mercure. Les chimistes qui avaient conçu de grandes et singulières espérances sur cette association pour les propriétés médicamenteuses vers lesquelles ils ont long-temps porté toutes leurs vues, ont eu vain essayé de la faire naître ; leurs efforts ont toujours été impuissans ; et pour opérer de prétendues combinaisons entre ces deux corps, ils ont été obligés d'employer des procédés compliqués et des intermèdes, comme ils les nommaient eux-mêmes, qui leur ont donné des résultats étrangers à ceux qu'ils cherchaient. C'est ainsi qu'après l'insuccès complet des alchimistes, Wallerius prétendait former une espèce d'amalgame de fer au moyen du sulfate de cuivre, dont l'oxide, rappelé par le fer à l'état métallique, ne lui a fourni qu'une amalgame de cuivre adhérente, pour quelque temps seulement, à la surface du fer sur laquelle elle s'était déposée. Si, dans quelques essais de Borrichius et de Junckér, le fer s'est rouillé et est devenu cassant dans du mercure, ce n'est qu'à l'eau qui mouille souvent ce métal, ou à quelque autre corps étranger, qu'on peut attribuer cette altération. Les physiciens et les chimistes ont tous les jours l'occasion de voir que les instrumens, les tubes, les robinets de fer et d'acier qu'ils remplissent, qu'ils frottent sans cesse de mercure dans leurs expériences, ne perdent ni leurs propriétés ni leur brillant par le contact de ce métal fluide. Mille faits prouvent que le fer agit autant sur les oxides de mercure, en leur enlevant l'oxigène et en les réduisant à l'état métallique, qu'il agit peu sur ce métal coulant. C'est ainsi que la limaille de fer noircit par la trituration avec l'oxide rouge de mercure, et brûle jusqu'à l'inflammation quand on la chauffe avec cet oxide ; c'est ainsi que le fer décompose et réduit l'oxide rouge et sulfuré de mer-

cure, le muriate suroxigéné de mercure, et toutes les autres combinaisons oxidées de ce métal.

76. Le fer ne s'unit que difficilement au zinc; la plupart des chimistes même ont douté de la possibilité de cet alliage, et se sont empressés d'en assigner la cause dans la fusion facile et la volatilité de l'un, comparées à l'extrême infusibilité et à la fixité de l'autre. Cependant Wallerius, qui a le plus insisté sur cette diversité de propriétés, comme raison de l'indifférence de ces deux métaux l'un pour l'autre, a observé qu'après les avoir chauffés fortement ensemble, le fer avait retenu un peu de zinc, qu'il a découvert par les dissolutions et les précipitations. C'est bien annoncer, comme l'on voit, une véritable combinaison entre ces corps, mais seulement en très-petite proportion de la part du zinc. Malouin, dans ses recherches sur ce dernier métal, a observé que le zinc s'appliquait, comme l'étain, par la fusion à la surface du fer, et le préservait de la rouille: ce qui annonce aussi une combinaison entre ces deux substances métalliques.

77. Dans les essais de tous les chimistes, le fer s'est toujours difficilement combiné avec l'étain. On pratique cependant, depuis un temps immémorial, sous le nom de *fer-blanc*, une composition de fer étamé qui annonce une attraction assez forte entre ces deux métaux. Pour préparer le fer-blanc, on prend de la tôle soigneusement nettoyée avec du sable ou du *grès* en poudre, pour enlever toutes les impuretés, et pour qu'il ne reste point de rouille à sa surface: on la fait tremper pendant vingt-quatre heures dans de l'eau aigrie par le son ou la farine, ou acidulée avec un peu d'acide sulfurique, en l'agitant de temps en temps; on la frotte dans ce liquide; on l'essuie avec des linges; on la plonge ensuite, à plusieurs reprises, dans de l'étain fondu: ce métal adhère à la surface de la feuille de fer qu'il recouvre de toutes parts; on la retire et on la laisse suspendue pour faire écouler la portion surabondante d'étain; enfin on la frotte avec de la sciure de bois pour la

nettoyer, et l'on a une feuille de fer-blanc. Lorsqu'on veut étamer des ustensiles plus épais que de la tôle, on substitue l'action de la lime et le muriate d'ammoniaque au son et à l'acide. La plupart des chimistes regardent la composition du fer-blanc comme un simple étamage, comme une simple couverture d'étain appliquée sur le fer. Cependant d'autres ayant remarqué que l'épaisseur de la lame est plus blanche dans son intérieur que ne l'est le fer, et qu'elle est plus molle et plus malléable que ce dernier métal pur, ils en ont conclu qu'il y avait pénétration intérieure et alliage intime.

Muschenbroëck et Wallerius, en annonçant la difficulté d'allier ces deux métaux l'un à l'autre, ont cependant obtenu un véritable alliage dont ils ont décrit le caractère. Muschenbroëck a dit que ce métal allié était très-dur, difficile à limer, d'une couleur de fer très-cassant, et qu'il n'avait pas pu en estimer la consistance ou la ténacité. Wallerius l'a décrit comme un alliage gris légèrement ductile, attirable à l'aimant, lorsqu'il était composé de deux parties d'étain et d'une de fer. On convenait généralement que le fer rendait l'étain plus dur, plus difficile à fondre et plus sonore. C'est en raison de ces propriétés que quelques hommes ont proposé d'ajouter du fer à l'étain pour en former un étamage bien plus solide et bien plus adhérent au cuivre.

Bergman a fait des expériences assez nombreuses et obtenu plusieurs résultats intéressans sur l'alliage du fer et de l'étain. Il recherchait alors les différences ou les analogies qui pourraient exister entre cet alliage et la matière qu'il avait extraite du fer cassant à froid, qu'il avait cru être un métal particulier, et qu'il désignait par le nom de *sydérite*, laquelle a été reconnue après lui pour du phosphore de fer. En recouvrant de l'étain avec de la limaille de fer dans un creuset rempli d'ailleurs de charbon et bien fermé, et en chauffant cet appareil au feu de forge pendant une demi-heure, il a constamment obtenu deux alliages métalliques distincts répondant au poids des deux

métaux qu'il avait employés. Ces deux culots étaient deux alliages séparés, l'un de fer uni à un peu d'étain, l'autre d'étain retenant un peu de fer. Les extrêmes de ces deux combinaisons métalliques, ou les points de leur saturation réciproque, étaient de l'étain contenant un vingt-deuxième de son poids de fer, et du fer saturé de la moitié de son poids d'étain : ce sont au moins ceux dont il décrit avec soin les propriétés. L'étain tenant un vingt-deuxième de fer était très-malléable, se coupait au couteau, quoique un peu obscurci dans son brillant, plus dur, donnant avec les phosphates fusibles un verre brun moins fusible, moins alliable au plomb et à l'étain, noircissant et laissant une poudre indissoluble avec l'acide nitrique. L'étain ne tenant que deux centièmes et demi de fer était encore attirable à l'aimant, et noircissait dans son oxidation. Le fer, saturé de la moitié de son poids d'étain, offre des propriétés modifiées par ce dernier métal : cet alliage est légèrement malléable, ne se coupe point au couteau, ne s'unit que très-difficilement au mercure, se fond avec peine avec les phosphates, donne constamment dans cette fusion des étincelles brillantes étoilées que ne fournissent jamais ni le fer ni l'étain seuls. En augmentant la proportion du fer, ces propriétés diminuent et se rapprochent de celles du fer. Cependant quand on est arrivé, par l'addition du fer, à avoir dans l'alliage 0.11 d'étain, cet alliage est encore très-caractérisé par les étincelles étoilées, brillantes, lancées du milieu du phosphate avec lequel on le fait fondre au chalumeau ; il a encore la propriété de précipiter et de colorer en brun la dissolution d'or. Bergman concluait de ces expériences que les divers alliages de fer et d'étain qu'il avait obtenus différaient de la sydérite : et s'il n'avait pas encore trouvé par là ce qu'était ce corps, il avait au moins trouvé ce qu'il n'était pas ; genre de découverte qui, presque aussi précieux et souvent aussi difficile à faire que celle de la nature exacte d'un composé, détourne au moins du chemin de l'erreur, et rapproche insensiblement de celui de la vérité.

78. Le fer ne peut pas se combiner au plomb par la fusion. Tous les chimistes ont observé que quand on fondait les deux métaux, le fer nageait à la surface du plomb, et restait constamment sans s'y unir. Juncker avait même cherché à expliquer ce phénomène par l'épaisseur et la consistance des molécules du plomb et par la légéreté de celles du fer. Cependant Muschenbroëck a décrit les propriétés d'un alliage d'une partie de fer avec trois parties un quart de plomb. Il dit qu'un parallélippède de cet alliage, d'un dixième de pouce, a exigé 225 livres pour le rompre. Il ajoute qu'un alliage de dix parties de fer avec une de plomb a une pesanteur spécifique égale à 4.250 : il y a quelque erreur à cet égard dans les expériences du physicien hollandais. Gellert, celui des chimistes systématiques qui a le plus étudié les combinaisons réciproques des métaux, observe que le fer, ne pouvant pas s'unir au plomb, peut servir, en raison de cette propriété, à séparer le plomb de presque tous les autres métaux, pourvu cependant que le métal qu'on veut isoler du plomb ait moins d'attraction avec lui qu'avec le fer. Macquer remarquait, dans le même sens, que le plomb pouvait servir d'intermède pour séparer le fer des autres métaux, auxquels le plomb peut s'unir de préférence : on verra un exemple bien prononcé, dans l'histoire de l'argent, qu'on purifie du fer par sa fusion avec le plomb.

G. *Action sur l'eau et les oxides.*

79. J'ai fait remarquer plus haut (n°. 59) que l'oxide de fer rouge était en partie décomposé par le gaz hidrogène, mais que l'oxide noir n'était jamais altéré par ce corps combustible. J'ai insisté sur la différente attraction qui existe entre l'oxigène et l'oxide de fer noir; on se rappelle que la première portion d'oxigène qui s'unit au fer, y adhère bien davantage que la dernière. C'est dans cette différence d'attraction que consiste la manière d'agir de ce métal sur l'eau. Une

foule d'observations prouve combien il est altérable par ce liquide, avec quelle facilité il se rouille et se brûle par son contact. Les découvertes des citoyens Monge et Lavoisier sur la nature de l'eau, dont j'ai tant de fois parlé, ont fait connaître à quoi est due cette action de l'eau; et l'altération même qu'elle fait éprouver au fer est devenue, entre les mains du dernier de ces célèbres physiciens, un moyen ingénieux d'en déduire la nature composée de l'eau, et d'y prouver la présence de l'oxigène: aussi ai-je annoncé que l'histoire si intéressante, à tous égards, de ce métal était liée aux plus importantes époques des révolutions des sciences, et qu'il avait beaucoup contribué, par ses belles propriétés, à l'établissement de la doctrine pneumatique. A cette généralité de l'action du fer sur l'eau, il est nécessaire de joindre ici l'exposé des phénomènes qu'elle présente, suivant les différentes circonstances qui l'accompagnent et les divers procédés par lesquels on la fait naître.

80. En mettant du fer en limaille avec de l'eau au-dessus d'une cloche pleine de mercure, et en exposant l'appareil à une température qui excède quinze degrés, il ne tarde pas à se remplir de petites bulles qu'on voit d'abord comme attachées aux molécules du fer; peu à peu, les bulles, qui deviennent plus grosses et plus nombreuses se rassemblent au-dessus de l'eau et du fer, et font baisser le mercure par le volume qu'elles occupent. Cette action dure long-temps, et le fer se trouve à la fin changé en une poudre très-noire, plus volumineuse que n'était d'abord le fer d'où elle provient; l'eau, si elle n'avait été mise qu'en petite quantité, est bien diminuée, et le gaz recueilli est du gaz hidrogène. Lavoisier, à qui est due cette jolie expérience, a trouvé que le fer avait augmenté de poids, et qu'en ajoutant cette augmentation au poids du gaz hidrogène obtenu, on avait juste celui de l'eau qui manquait. Jamais le fer brûlé ainsi par l'eau ne devient jaune ou rougeâtre, tant qu'il n'a point le contact de l'air; mais

aussitôt qu'il jouit de ce contact, et qu'il est en même temps humecté, il passe au jaune de rouille, en absorbant peu à peu une quantité un peu plus grande d'oxigène et sur-tout de l'acide carbonique.

81. Lémery avait fait, par un procédé analogue, une préparation de fer qu'il croyait n'être qu'une simple division ou atténuation de ce métal, et qu'il nommait *éthiops martial*, à cause de sa couleur noire : il mettait du fer en limaille au fond d'un vase alongé rempli d'eau; il agitait de temps en temps ce métal dans l'eau qui le surnageait, en évitant qu'il eût jamais le contact de l'air, et en enlevant avec soin celui qui, surnageant quelquefois, y prenait promptement le caractère de rouille ou d'ocre. En quelques semaines ou quelques mois, on convertissait ainsi toute la limaille en *éthiops*. Dans la persuasion où les chimistes ont long-temps été que ce n'était qu'une véritable division du fer, ils ont cherché à l'envi les moyens de la rendre plus facile, plus active, et de diminuer la longueur de l'opération par laquelle on obtenait cette préparation. Rouelle avait conseillé l'emploi des moussoirs de la Garaie pour favoriser et multiplier le contact entre l'eau et le fer; d'autres, en ajoutant à l'eau un peu d'acide nitrique, d'acide sulfurique, ou même d'acide du vinaigre, avaient remarqué qu'on formait promptement une grande quantité de cette poudre, qui n'est que de l'oxide noir de fer : les uns l'obtenaient en réduisant de l'oxide de fer rouge, à l'aide de l'huile dans un creuset; les autres, en distillant dans une cornue ouverte de la rouille de fer. Quelques-uns, tenant toujours à l'action de l'eau, et croyant que, préparé par une autre voie que ce liquide, l'*éthiops* ne devait point avoir les qualités requises, sont revenus à son emploi; et l'on a trouvé qu'en faisant une espèce de pâte de limaille de fer avec de l'eau, et la laissant quelques jours exposée à l'air, elle s'échauffait, se boursouflait, se fendillait, s'oxidait en jaune, et devenait ensuite, par la simple calcination dans un

creuset un magnifique et abondant éthiops. Dans ce dernier procédé, on fait la même chose absolument que lorsqu'on chauffe le carbonate de fer de la rouille; et toujours on oxide le fer par l'eau, qui ne lui cède que la portion d'oxigène nécessaire à son oxidation en noir. Aussi, dans la manière d'opérer même de Lémery, il se dégageait du gaz hidrogène qui sortait peu à peu en bulles très-fines, et qui répandait son odeur très-reconnaissable dans les lieux où cette opération était établie. On a une preuve très-forte que la préparation de Lémery, ou toute autre analogue, n'est qu'une oxidation du fer, opérée à l'aide de l'oxigène de l'eau, non seulement par la réduction de l'oxide rouge, qui repasse seulement au noir, à l'aide du gaz hidrogène, mais encore par l'intéressante expérience du citoyen Vauquelin, qui, en chauffant dans une cornue ou dans un creuset parties égales d'oxide rouge de fer et de limaille de ce métal, a réduit tout le mélange en oxide noir, en faisant ainsi partager au fer la portion de l'oxigène contenue dans l'oxide rouge au-delà de l'oxidation en noir. Le citoyen Monnet a prétendu que dans tous les cas où l'on laisse de l'eau en contact avec du fer, elle en dissolvait un peu dans son état de pureté, et contractait un goût ferrugineux très-sensible.

82. La décomposition de l'eau par le fer a lieu beaucoup plus rapidement, lorsqu'on élève la température de ces deux corps, et sur-tout lorsqu'on met en contact l'eau en vapeur et le fer rouge. C'est ainsi que Lavoisier a confirmé la belle découverte de la nature de l'eau. J'ai décrit cette opération ailleurs: je dois seulement rappeler ici qu'au moment où l'eau en vapeur touche l'intérieur d'un canon de fer rouge, il se dégage une grande quantité de gaz hidrogène, l'eau disparaît, le fer se brûle, s'oxide en noir, se ramollit, se boursoufle également dans toute la surface, de manière que sa cavité intérieure se rétrécit en restant cependant cylindrique. Quand cette surface de fer est tellement oxidée que l'eau traverse le

canon sans éprouver d'altération ; en laissant refroidir entièrement l'appareil, et le pesant avec exactitude, on trouve dans la somme du poids du gaz hidrogène et de l'augmentation du canon la quantité totale de l'eau qui a disparu. L'intérieur du tube de fer présente une couche dilatée, noire, brillante, lamelleuse, cassante, qui, réduite en poudre, est de véritable oxide de fer noir. On obtient le même résultat en faisant passer de l'eau en vapeur dans un tube de porcelaine où l'on a introduit des lames de fer ; et c'est le procédé que l'on suit aujourd'hui en France pour obtenir le gaz hidrogène nécessaire à la distension des machines aérostatiques. Cette belle expérience explique une foule de phénomènes qui n'étaient pas intelligibles avant la découverte de la décomposition de l'eau. On sait, d'après elle, pourquoi le fer rouge plongé dans l'eau produit une effervescence et un bouillonnement accompagné d'un sifflement d'autant plus considérable que le fer était plus chaud ; pourquoi la fonte en fusion produit, par le contact de l'eau, des explosions dangereuses, comme on l'a observé dans les fonderies, où l'on a grand soin de faire sécher extrêmement les moules ; pourquoi un grand nombre d'acides, en dissolvant le fer, dégagent une proportion plus ou moins grande de gaz hidrogène, en favorisant la décomposition de l'eau ; pourquoi, quand on chauffe de la limaille de fer humide ou mouillée dans des vaisseaux fermés, on obtient du gaz hidrogène, et la limaille noircit. Il faut observer que la fonte n'a pas la même action sur l'eau que le fer, parce qu'elle contient déja une certaine proportion d'oxigène qui diminue beaucoup son attraction pour ce principe : c'est pour cela qu'on emploie avec grand avantage la fonte même dans les constructions sous l'eau, et que les cylindres de fonte qui contiennent sans cesse l'eau en vapeur dans les machines à feu, ne s'altèrent point ; tandis que le fer, si on le sacrifiait à ces usages, serait bientôt oxidé et détruit. L'acier rouge décompose, au contraire, très-rapidement l'eau, et il

ne diffère du fer, dans les produits de cette décomposition, que parce qu'il donne un peu de gaz acide carbonique mêlé avec le gaz hidrogène, en raison du carbone qu'il contient.

83. La grande attraction que tous les faits cités jusqu'ici montrent dans le fer pour l'oxigène, doit prouver que ce métal a la propriété de décomposer la plupart des oxides métalliques : aussi, en chauffant la limaille de fer avec le plus grand nombre des autres métaux oxidés, ceux-ci cèdent au premier leur oxigène qui le brûle, en repassant eux-mêmes à l'état métallique. Moins les métaux ont d'attraction pour le principe de la combustion, et plus ils se le laissent enlever par le fer qui l'absorbe avec le plus de force et de promptitude. Cette absorption peut même aller jusqu'à l'inflammation du fer. Il n'y a que le zinc et le manganèse qui, au lieu de céder l'oxigène au fer, sont susceptibles d'en décomposer les oxides, et de le rappeler ou à l'état métallique ou dans un état très-voisin de la métalléité. On verra plus bas que le fer sert, à cause de cette propriété, à précipiter plusieurs métaux de leurs dissolutions, et à les faire obtenir dans leur état naturel. Dans ces cas, le fer commence par se porter sur leur oxigène, et à mesure que désoxigénés ils se séparent des acides avec le brillant métallique, l'oxide de fer formé s'y unit à leur place.

H. *Action sur les acides.*

84. Il n'est pas de métal qui soit plus oxidable et plus susceptible de s'unir aux acides que le fer ; il n'en est pas en même temps dont la propriété de s'unir aux acides, et d'y rester uni en dissolution permanente soit plus limitée. L'action des acides sur le fer ou du fer sur les acides est une des branches de la chimie, qui, en présentant le plus de faits et de phénomènes remarquables aux observateurs, a reçu le plus d'accroissement, et a été éclairée de la plus vive lumière par la

doctrine pneumatique française. Avant son établissement, tout à cet égard était plongé dans le vague et l'arbitraire ; les expériences étaient, pour ainsi dire, autant de mystères ou de problêmes tous indéterminés. A cette profonde obscurité a succédé le jour le plus heureux ; et les applications les plus claires et les plus brillantes en même temps, ainsi que l'enchaînement le plus méthodique de tous les phénomènes, ont découlé des bases de la théorie moderne comme d'une source pure et féconde : cette théorie elle-même en a reçu réciproquement de grands décroissemens.

85. L'acide sulfurique concentré n'a presque point d'action à froid sur le fer. Quand on le fait chauffer sur ce métal, il éprouve une décomposition proportionnée à la température à laquelle on l'élève et à sa continuité. Il se dégage d'abord du gaz acide sulfureux : si l'on poursuit l'action du feu jusqu'à réduire le mélange à siccité par la distillation, on obtient du soufre sublimé, et il reste dans la cornue une masse blanche ou rougeâtre suivant la chaleur qu'on a donnée, mais qui ne se dissout jamais qu'en partie dans l'eau, parce que c'est du sulfate de fer décomposé. Si, au lieu d'acide sulfurique concentré, on jette sur de la limaille de fer cet acide étendu de deux ou trois parties d'eau, il se développe une prompte et vive effervescence ; il se dégage une grande quantité de gaz hidrogène qui quelquefois est un peu carboné, lorsque le fer employé contient du carbone : l'acier, par exemple, non seulement donne un gaz hidrogène de cette espèce, mais encore il laisse séparer et précipiter ensuite au fond de l'acide une poussière noire qui n'est que du carbure de fer, que Bergman a reconnu le premier, et qui a été ensuite déterminé avec plus d'exactitude encore par les citoyens Berthollet et Vauquelin. Aussi quand on fait cette expérience dans l'intention de se procurer du gaz hidrogène, sur-tout pour remplir des machines aérostatiques, doit-on choisir du fer très-pur et très-doux, et rejeter l'acier. La fonte, bien moins facilement dis-

soluble dans l'acide sulfurique que ne l'est le fer, donne moins de gaz hidrogène que ce métal, parce que déja uni à une portion d'oxigène, le fer qui y est contenu n'a pas besoin de décomposer tant d'eau pour parvenir au point d'oxidation nécessaire à sa dissolution dans l'acide. Il n'est pas difficile de concevoir que si on emploie du sulfure de fer, le gaz hidrogène qui se dégage sera sulfuré. Il est également presque superflu de faire remarquer ici que le gaz hidrogène obtenu dans cette expérience est le produit de la décomposition de l'eau, favorisée et rendue très-rapide par l'attraction disposante que l'acide sulfurique exerce sur le fer, si susceptible d'ailleurs d'oxidation, et que c'est en raison de cette espèce d'attraction disposante que ce métal décompose l'eau dès le premier contact; tandis que s'il la touchait seul, il ne la décomposerait que très-lentement au dessous de sa température rouge, comme on l'a vu plus haut. C'est à cette production de gaz hidrogène abondant qu'est due une ancienne expérience qu'on faisait souvent dans les laboratoires de chimie, avant qu'on eût reconnu l'existence de ce gaz et trouvé l'art de le recueillir; expérience dont on donnait alors la théorie par la matière du feu devenu libre, ou le phlogistique qu'on croyait se dégager du fer. On choisissait un matras de verre fort, on y mettait de l'acide sulfurique affaibli et du fer : au moment de leur action réciproque et de l'effervescence, on bouchait avec la main, qu'on appuyait assez fortement, le col du matras; après quelques instans de pression, on ôtait la main en approchant de l'ouverture de ce col une bougie ou un papier allumé : tout-à-coup il s'excitait une inflammation et une détonation bruyante en raison du mélange du gaz hidrogène avec la portion d'air existant dans le matras, l'un et l'autre comprimés par la pression de la main. La forme et le resserrement de l'ouverture du vaisseau, l'obstacle qu'il mettait à la dilatation et à la condensation subite des gaz par l'effet de leur inflammation, étaient la cause de la fulmination qui

signalait cette expérience : elle n'était pas même sans danger ; l'appareil était souvent brisé quand on avait comprimé le gaz trop long-temps, et quand le vaisseau n'était pas très-fort. On pouvait la recommencer plusieurs fois de suite, à cause de la grande quantité de gaz hidrogène qui continue à se dégager jusqu'à ce que l'acide soit saturé du fer qui se dissout, et à cause de l'air qui, se précipitant dans le matras en raison du vide produit par la première inflammation, y formait le mélange détonant.

86. A mesure que cette action forte et prompte s'opère entre le fer et l'eau qui accompagne l'acide sulfurique, le fer s'oxide et s'unit peu à peu à l'acide qui l'attire à l'instant même où il se forme : presque toujours l'action s'arrête quoique l'acide ne soit pas, à beaucoup près, saturé d'oxide de fer ; mais l'addition d'un peu d'eau la fait reprendre, parce que l'eau existante avant cette addition est employée à dissoudre le sulfate de fer formé. La combinaison de l'oxide de fer et de l'acide sulfurique uni à l'eau donne une couleur verte à la liqueur ; elle commence par être très-faible, et finit, sur-tout à l'aide de l'exposition à l'air, par imiter la couleur brillante et assez foncée de l'émeraude. Elle donne presque toujours par le refroidissement et le repos, car cette liqueur est toujours agitée et chaude jusqu'à ce que la saturation de l'acide sulfurique par l'oxide de fer dont il peut prendre plus de la moitié de son poids ait lieu ; elle donne des cristaux de sulfate de fer transparens, d'un beau vert, d'une forme rhomboïdale, d'une saveur âcre et astringente très-forte. Ce sel est préparé en grand, par un procédé différent, dans un grand nombre de lieux abondans en eaux qui en sont chargés, ou en sulfures de fer, qui, comme on l'a vu plus haut, se brûlent facilement à l'air, et se convertissent, sur-tout à l'aide de l'humidité, en sulfate de fer. On fait donc dans ces pays de grands tas de sulfate de fer ; on les arrose d'eau ; on saisit le moment où ils sont effleuris et couverts du sel indiqué : on les lessive dans

l'eau ; on laisse déposer cette dissolution, on la fait évaporer et cristalliser. Quelques endroits présentent des terres naturellement imprégnées de sulfate de fer provenant de la combinaison spontanée des pyrites ; ces terres ne demandent que d'être lessivées pour donner le sulfate de fer : telle est la terre du Bechai, près de Beauvais. Dans d'autres lieux, on grille fortement les pyrites, on brûle aussi leur soufre, et on oxide leur fer ; de sorte qu'après cette action du feu, il ne reste qu'à les lessiver avec de l'eau ; enfin il y a quelques lieux où l'on évapore les eaux tenant naturellement en dissolution ce sel ferrugineux. On le nommait autrefois *vitriol*, *vitriol vert*, *vitriol martial*, *vitriol romain*, *couperose verte*. Cette matière saline, très-utile dans les arts, doit être connue et étudiée avec soin.

87. Le sulfate de fer bien pur est d'un vert parfaitement transparent, d'une saveur très-styptique et très forte, qui se rencontre souvent dans la nature, et qui est souvent fabriqué de toutes pièces dans les laboratoires de chimie, cristallise d'une manière assez variée, et a pour forme primitive un rhomboïde aigu, dans lequel l'angle aigu du sommet, suivant le citoyen Haüy, est de 70 deg. 50 min., et l'angle latéral de 100 deg. 10 min. Les inclinaisons respectives de ses faces sont de 98 deg. 37 min. d'une part, et de 81 deg. 23 min. de l'autre : il rougit presque toujours les couleurs bleues. Chauffé brusquement, il se liquéfie à la faveur de l'eau de sa cristallisation, qui fait jusqu'à la moitié de son poids ; bientôt il perd cette eau, et se dessèche en une poudre grise, dont Digby avait fait autrefois sa fameuse et ridicule *poudre de sympathie*. Chauffé plus fortement, il exhale du gaz acide sulfureux, et prend une couleur rouge ; on le nommait dans cet état *colcothar* : ce sulfate calciné au rouge est en grande partie décomposé ; il doit sa couleur au fer fortement oxidé, et séparé en grande partie de l'acide sulfurique auquel il enlève de l'oxigène, et qu'il a fait passer à l'état d'acide sulfureux.

Il contient encore une portion de sulfate de fer dans un autre état que celui d'où il provient, et que je nomme sulfate de fer *suroxigéné*, pour le distinguer du premier dont il n'a plus les propriétés : c'est à sa présence qu'est due la déliquescence et l'âcreté du sulfate calciné au rouge.

88. Si, au lieu de calciner et de décomposer le sulfate de fer dans un vaisseau ouvert, dans un creuset, on fait la même opération dans un appareil distillatoire, et dans une bonne cornue de grès qui puisse résister à un grand feu, on obtient d'abord de l'eau un peu acide, qu'on nommait *rosée de vitriol*, quand ce sel portait lui-même ce dernier nom. On doit changer de récipient lorsque cette eau cesse de passer, et il se dégage alors de l'acide sulfurique de plus en plus concentré, chargé d'acide sulfureux, souvent noir, et fumant à cause de la quantité de cet acide sulfureux qu'il tient en dissolution. Les dernières portions d'acide qu'on n'obtient qu'à l'aide d'un feu très-violent, soutenu au rouge blanc pendant plusieurs heures, sont concrètes et blanches; on les désignait autrefois par le nom d'*huile de vitriol glaciale*. Un chimiste allemand, Christian Bernhardt, a décrit en 1755 les propriétés singulières d'un acide sulfurique fumant de Northaausen, petite ville de la Basse-Saxe, où l'on préparait beaucoup de cet acide par la distillation du sulfate de fer, comme on le fait encore dans beaucoup d'endroits de l'Allemagne. Il a trouvé, entre autres, que cet acide fumant, distillé à un feu très-doux, donnait un acide volatil blanc concret, cristallisé, ou déposé en croûtes comme certains champignons, qui exhalait beaucoup de vapeur âcre à l'air où il se fondait, qui s'unissait à l'eau avec bruit, etc. Meyer, en citant ces expériences dans son essai sur *la chaux vive*, attribue les propriétés de ce sel à son principe hypothétique, *acidum pingue* ou *causticum*. J'ai répété les expériences de Christ. Bernhardt, j'ai obtenu exactement les mêmes résultats que j'ai décrits en détail dans les Mémoires de l'académie pour 1785, et j'y ai fait voir que l'acide concret

et cristallisé obtenu par la distillation n'était que de l'acide sulfurique surchargé d'acide sulfureux ; qu'il perdait une grande partie de ce dernier à l'air et par son union avec l'eau ; qu'on pouvait le préparer sans avoir besoin de la distillation de l'*huile de vitriol fumante de Saxe*, en saturant de l'acide sulfurique surchargé d'acide sulfureux. Quand on a entièrement décomposé par le feu le sulfate de fer dans sa distillation, opération qui fournissait seule l'ancienne *huile de vitriol* avant qu'on préparât cet acide sulfurique par la combustion du soufre, il reste un résidu rouge semblable à celui qu'on obtient par la calcination de ce sel dans des vaisseaux découverts, et d'où on séparait par le lavage, sous le nom de *sel colcothar*, *sel fixe de vitriol*, un peu de sulfate de fer suroxigéné, dont je parlerai bientôt ; tandis que ce lavage laissait un oxide de fer rouge, nommé improprement autrefois *terre douce de vitriol*.

89. Le sulfate de fer exposé à l'air y éprouve un genre d'altération dont on ignorait autrefois la cause, et que Schéele a fait connaître. De vert et transparent qu'est ce sel pur, il devient jaune, opaque et pulvérulent à sa surface. Sa dissolution dans l'eau, qui n'exige à froid que deux fois son poids de ce liquide sur-tout, présente le même phénomène d'une manière encore plus marquée : la liqueur, d'abord d'un beau vert transparent, se trouble, jaunit, précipite un oxide de cette couleur, et finit même par devenir rouge, épaisse, incristallisable, lorsqu'elle reste long-temps exposée à l'air, lorsqu'on la chauffe de même dans l'air, et dans tous les cas où elle peut absorber de l'oxigène. Ainsi, par exemple, l'addition de l'acide muriatique oxigéné la jaunit et la précipite sur-le-champ. Le sulfate de fer vert offre le même changement quand on le dissout dans l'eau aérée ; et Schéele a donné ce procédé pour reconnaître et apprécier la quantité d'air contenu dans les eaux différentes, par la proportion de précipité fourni dans chaque eau au moment de la dissolution de ce sel. Ainsi

la décomposition du sulfate de fer, dans toutes les circonstances, est due à l'absorption de l'oxigène, à l'oxidation plus forte du métal : alors il abandonne en partie l'acide sulfurique ; et celui qui y reste étant encore plus oxidé, forme du sulfate de fer rouge ou suroxigéné, qu'on nommait autrefois *eau-mère de vitriol*, parce que sa dissolution reste toujours plus ou moins abondamment après la cristallisation du sulfate de fer vert. J'examinerai plus bas les propriétés caractéristiques et particulières de ce sulfate suroxigéné, après avoir fait connaître toutes celles du sulfate ordinaire.

90. L'acide nitrique, sur-tout à l'aide de la chaleur, change le sulfate de fer en sulfate suroxigéné. Toutes les matières terreuses alcalines et les alcalis précipitent l'oxide de ce sel et le décomposent. Les alcalis fixes purs et la chaux en séparent un oxide d'un vert foncé qui paraît presque noir, et qui reste de cette couleur lorsqu'on le fait dessécher promptement en vaisseaux clos ; à l'air, et lorsque ce précipité y est exposé humide, il rougit et jaunit très-promptement en continuant de s'oxider. L'ammoniaque sépare du sulfate de fer vert un oxide encore plus foncé que celui que précipitent les alcalis fixes, et qui passe plus facilement encore à l'état d'oxide noir lorsqu'on le dessèche rapidement dans des vases fermés. Les sulfures et les hidrosulfures précipitent la dissolution de sulfate de fer vert en un oxide sulfuré ou hidrosulfuré noirâtre.

91. La plupart des sels ont une action plus ou moins marquée sur le sulfate de fer, qui les décompose en même temps. Le principe de ces décompositions, qui exigent presque toutes l'action du feu, dépend de la séparation de cet acide du sulfate par le calorique : c'est ainsi spécialement qu'il agit sur les nitrates. Si l'on distille parties égales de nitrate de potasse et de sulfate de fer dans une cornue de grès, on obtient de l'acide nitrique d'abord faible, ensuite à l'état nitreux, puis de l'acide sulfureux en très-petite quantité ; mais si on prend le nitrate de potasse fondu et le sulfate de

fer calciné au jaune, on n'a que très-peu de produit acide, formé de deux liqueurs, dont l'une, rouge brune presque noire, nage à la surface de l'autre, qui est plus lourde et moins colorée. Il passe ensuite, dans le col de la cornue et dans l'alonge, une matière blanche, concrète, très-caustique, très-déliquescente, qui se dissout dans l'eau avec rapidité et effervescence, en exhalant des vapeurs rouges considérables, qui se combine à la potasse et à la soude en exhalant les mêmes vapeurs, et forme des sulfates; en un mot, de l'acide sulfurique devenu concret par la vapeur nitreuse ou par l'oxide nitreux qui le sature. Les deux liqueurs rouges sont deux acides nitreux différens, qui se mêlent par l'agitation et ne font plus ensuite qu'un seul acide nitreux très-foncé. Bucquet avait fait sur ce double produit nitreux, peu connu encore et peu examiné par les chimistes, quelques expériences assez singulières qu'il a communiquées à l'académie des sciences. L'acide surnageant ou le plus léger, mêlé avec de l'acide sulfurique, produisit une vive effervescence, et même une explosion dangereuse, puisque tout l'acide nitreux fut réduit sur-le-champ en vapeur, et l'acide sulfurique prit une forme concrète et cristalline par l'absorption et la condensation de l'oxide nitreux qu'il lui enleva dans l'explosion qui eut lieu; celui qui faisait l'expérience eut la figure et les mains couvertes de gouttes d'acide; il s'éleva à l'instant même sur son visage des boutons rouges et enflammés, qui ont suppuré comme des pustules de petite vérole. Les deux acides nitriques obtenus dans cette expérience ne sont séparés que parce que le second qui surnage l'autre comme plus léger et plus chargé d'oxide nitreux, arrive peu à peu, et se rassemble lentement à sa surface sans s'y mêler. On voit un même phénomène dans l'acide sulfurique faible qu'on fait couler au-dessus de l'acide sulfurique concentré, et qui le recouvre sans s'y unir; dans l'acide muriatique formé au fond de l'eau par la condensation du gaz qu'on fait passer pour préparer cet acide,

à l'aide de tubes qui plongent au bas de ce liquide : dans cette dernière expérience, on remarque une couche d'eau saturée d'acide, plus dense et bien distincte de l'eau non encore saturée qui la recouvre. L'agitation produite par le gaz, qui continue à passer et à se lever de plus en plus dans la liqueur, à mesure que celle-ci se sature de bas en haut, fait disparaître à la fin ces deux couches, comme elle le fait dans les deux acides nitreux qu'on mêle. Le résidu de la distillation du sulfate de fer et du nitrate de potasse est une espèce de scorie ferrugineuse dont on ne peut tirer que très-peu de sulfate de potasse, quand on a fortement chauffé le mélange. On en retire beaucoup plus quand on n'a pas donné un aussi grand coup de feu.

92. On décompose les muriates, et sur-tout le muriate de soude, par le moyen du sulfate de fer, à raison du dégagement de l'acide sulfurique qui sépare l'acide muriatique de sa base : c'est un des moyens d'avoir de l'acide muriatique gazeux très-abondant. Il passe aussi de l'acide muriatique oxigéné, à cause de l'action de cet acide sur l'oxide de fer : voilà pourquoi l'opération faite avec le sulfate de fer donne de l'acide coloré en jaune ; à la fin il s'élève même un peu de muriate de fer en vapeur. Il reste du sulfate de soude dans le résidu ; il est cependant difficile à extraire, parce que la forte chaleur qu'on a employée dans l'opération l'a combiné en une espèce de fritte avec l'oxide de fer ; le muriate suroxigéné de potasse altère la nature du sulfate de fer, et le fait passer à l'état suroxigéné ou rouge.

93. Les phosphates alcalins sont décomposés par le sulfate de fer qu'ils décomposent en même temps ; il se fait un précipité de phosphate de fer, et il reste des sulfates alcalins en dissolution. Les borates, et sur-tout le borax ordinaire, sont décomposés par le sulfate de fer ; par la voie humide il se fait un précipité de borate ferrugineux, et il reste du sulfate de soude en dissolution dans la liqueur surnageante.

Par la voie sèche, et en faisant cette expérience dans des vaisseaux sublimatoires, on obtient de l'acide boracique sublimé et cristallisé à la faveur de l'eau contenue dans le mélange. C'est dans une pareille opération que Hombert a découvert cette espèce d'acide qu'il croyait produit par le vitriol, et qu'il avait nommé, à cause de cela, *sel volatil narcotique de vitriol.* Les carbonates alcalins liquides décomposent le sulfate de fer, et en précipitent du carbonate de fer sous la forme d'une poudre grise, qui diffère beaucoup du précipité donné par les alcalis purs. Il faut remarquer que tous les faits décrits jusqu'ici sur les sulfates de fer prouvent que l'oxide qui y est contenu est à l'état d'oxide noir, ou n'est chargé d'oxide qu'à la dose de 0.25 à 0.29.

94. J'ai fait voir dans tout ce qui précède sur le sulfate de fer, que ce sel est très-avide d'absorber l'oxigène, qu'il le prend à l'air, à l'eau aérée, à l'acide nitrique, à l'acide muriatique oxigéné, et sur-tout par l'agitation de sa dissolution avec l'air, ou par l'évaporation dans des vaisseaux ouverts: dans tous ces cas, le sulfate de fer passe à l'état d'un sel suroxigéné dont il est important de connaître les propriétés différentes. On obtient ce sel suroxigéné en dissolvant de l'oxide de fer rouge dans l'acide sulfurique concentré à l'aide de la chaleur: on l'a nommé *eau-mère*, parce qu'il en reste toujours dans la dissolution qui a formé de cristaux de sulfate de fer vert, et parce qu'outre la couleur rouge qui le distingue de ce dernier, il n'est pas cristallisable comme lui. Déja les chimistes avaient reconnu quelques différences entre les propriétés de cette *eau-mère* et celles du sulfate de fer vert et cristallisé; ils en avaient annoncé la couleur, la nature épaisse, visqueuse et non cristallisable. Le citoyen Monnet l'avait même caractérisé par l'oxidation plus avancée du fer; mais on doit à M. Proust, professeur de chimie à Ségovie, des expériences assez suivies sur ce sel, pour en avoir déterminé les caractères distinctifs. Son travail, communiqué à l'Institut national en floréal an 5,

ne laisse rien à desirer : après avoir rassemblé les principales circonstances dans lesquelles le sulfate vert se convertit en sulfate de fer rouge que je nomme suroxigéné, circonstances que j'ai indiquées plus haut, il observe qu'il n'y a que deux sulfates de fer ; qu'il n'y a point d'état intermédiaire entre ces deux espèces ; que lorsque le premier passe du vert au rouge par diverses nuances, et n'est pas encore changé tout entier en sulfate suroxigéné, il n'est qu'un mélange des deux en différentes proportions ; qu'on peut les séparer et en déterminer la quantité respective par l'alcool, qui dissout le suroxigéné sans toucher au sulfate de fer simple : de sorte qu'on a, dans cette dissolubilité du premier, un moyen de les obtenir parfaitement purs et isolés l'un et l'autre.

95. Le sulfate de fer suroxigéné ne donne jamais de cristaux ; il a une couleur rouge ; il dépose de l'oxide de fer à l'air et par l'action du feu ; il est toujours avec excès d'acide ; il attire l'humidité de l'air ; le fer qui le sature y contient 0.48 d'oxigène, tandis que celui du précédent n'y contient que 0.27 de ce principe ; il est plus dissoluble dans l'eau que le sulfate de fer ; il précipite, par les terres et les alcalis purs, un oxide jaune ou rougeâtre qui n'éprouve pas d'altération à l'air, parce qu'il ne peut plus en absorber d'oxigène : tandis que celui du sulfate de fer vert en absorbe facilement ce qui lui manque pour être changé, depuis les 0.27 de ce principe qu'il contient, jusqu'à 0.48 qu'il peut en prendre. Ainsi, un des caractères les plus prononcés des deux sulfates de fer consiste dans leur précipitation comparée par les alcalis caustiques. Le simple ou vert donne un précipité formé de 0.73 de fer et de 0.27 d'oxigène, et le sulfate suroxigéné en fournit un qui contient 0.48 d'oxigène et 0.52 de fer. Une autre propriété également très-caractéristique du sulfate de fer suroxigéné, c'est que quand on ajoute du fer à sa dissolution il est décomposé : une partie de son oxide se sépare ; l'autre partage avec le fer ajouté l'oxigène abondant qu'il contient,

et la dissolution repasse à l'état de sulfate ordinaire. M. Proust annonce que le mercure, le zinc, l'étain et plusieurs autres métaux ont la même propriété de faire rétrograder le sulfate de fer suroxigéné vers l'état de sulfate de fer simple ; l'eau hidrosulfurée décompose et change la nature du sulfate de fer suroxigéné en sulfate de fer vert, tandis qu'elle ne précipite, suivant ce chimiste, le sulfate de fer vert qu'à cause de la portion d'oxide de cuivre qu'il contient si souvent.

96. Enfin deux autres propriétés observées par le même auteur distinguent encore et caractérisent essentiellement les deux sulfates de fer : et quoiqu'elles soient tirées d'espèces d'agens encore nouveaux et dont il n'a pas encore été question, je réunirai ici l'exposé de ces deux derniers caractères pour rendre plus complète la distinction des deux sulfates de fer ; devant reprendre d'ailleurs cet objet plus en détail dans une autre section, je ne ferai que l'énoncer ici. M. Proust assure que la noix de galle ne change point les propriétés du sulfate de fer simple, et qu'elle précipite le sulfate jaune ou suroxigéné en noir très-brillant ; que c'est pour cela qu'en exposant à l'air une teinture encore humide faite avec du sulfate vert de fer, et qui n'a point pris dans la cuve la couleur noire, elle se fonce en couleur et passe au noir en absorbant l'oxigène de l'atmosphère, comme le fait l'encre elle-même, suivant une observation constante.

Le professeur Proust a encore trouvé que les prussiates alcalins bien saturés et bien purs ne changent point la couleur du sulfate de fer simple, et qu'on n'obtient de bleu de Prusse que des mêmes prussiates mêlés avec le sulfate suroxigéné ; qu'il y a deux espèces de prussiate de fer répondant aux deux espèces de sulfates : l'un blanc, avec le fer à 0,27 d'oxigène ; l'autre bleu, avec le fer à 0.48 de ce principe. Aussi l'espèce de prussiate de fer blanc qu'on se procure en jetant une dissolution de prussiate de potasse dans une dissolution de sulfate vert de fer, passe peu à peu à l'état de prussiate bleu, par

son exposition à l'air, quand il est encore humide, ou par l'addition de l'acide muriatique oxigéné. Au reste, M. Proust généralise et étend l'histoire de ces deux espèces de sulfate et de prussiate de fer à plusieurs autres combinaisons des acides avec l'oxide de ce métal, et sur-tout à celle des acides nitrique et muriatique.

97. L'action de l'acide sulfureux sur le fer est une de celles que les chimistes modernes ont le plus exactement suivies et appréciées dans l'histoire des sulfites métalliques. Le citoyen Berthollet a le premier vu que cet acide était décomposé par le fer, que la portion de soufre séparé de l'oxigène par le métal restait en combinaison avec le sel formé, d'où on pouvait le précipiter par le moyen de l'acide sulfurique. Les phénomènes de la combinaison du fer avec l'acide sulfureux nous ont beaucoup occupés, le citoyen Vauquelin et moi, dans nos recherches sur cet objet; et en confirmant ce qu'avait déja annoncé avant nous le citoyen Berthollet, nous y avons ajouté quelques faits qui, comparés à ceux que nous ont présentés plusieurs autres substances métalliques, nous ont permis de généraliser les propriétés d'un grand nombre de sulfites métalliques, et d'en offrir conséquemment une histoire plus complète que les premiers traits qui en avaient été donnés par le célèbre chimiste cité.

L'acide sulfureux liquide, versé sur de la limaille de fer, agit tout-à-coup, et prend une couleur fauve foncée; il se dégage quelques bulles de gaz hidrogène qui cessent promptement; il se développe beaucoup de chaleur, et la couleur fauve est bientôt remplacée par une nuance verdâtre; il reste un peu de carbure de fer au fond de la dissolution: celle-ci fait effervescence avec les acides, exhale beaucoup d'acide sulfureux, et dépose du véritable soufre en poudre blanche. Un peu d'acide sulfurique ou muriatique versé dans cette dissolution y fait une vive effervescence sans y occasionner de précipitation; il faut en mettre une assez grande quantité

pour obtenir la précipitation du soufre en poussière blanche : l'acide nitreux bien fumant en sépare du soufre jaune et en masse ductile. Il résulte de là que le sulfite sulfuré de fer n'est pas saturé de soufre, et que la première portion des acides qu'on y ajoute agit d'abord sur le sulfite de fer seul sans agir sur la partie du sulfite sulfuré. Le soufre ainsi séparé contient un peu de fer qui se combine avec lui en oxide sulfuré à l'aide de la chaleur.

98. La dissolution de fer dans l'acide sulfureux, exposée à l'air, dépose une poussière jaune rougeâtre, et des cristaux enveloppés de la même poussière rougeâtre. En lessivant toute cette masse avec de l'eau, elle dissout la partie cristallisée, et laisse la poussière rouge, qui, dissoute dans l'acide muriatique, lui cède le fer, et dépose du soufre encore un peu ferrugineux. La lessive du dépôt dans l'eau est encore du sulfite de fer sulfuré, moins chargée de soufre que la première dissolution : ainsi l'air décompose celle-ci et en précipite de l'oxide de fer sulfuré. Les alcalis précipitent en vert ce sulfite désulfuré par son exposition à l'air ; l'acide nitrique lui donne une couleur rouge plus ou moins foncée. Laissé à l'air après le premier dépôt, il se forme à sa surface une pellicule rouge ; il se dépose une poussière rouge, et ensuite des cristaux de sulfate de fer. La poussière rouge exhale un peu d'acide sulfureux ; mais le sel offre une conversion de sulfite en sulfate. Ce sulfite simple de fer diffère donc du sulfite sulfuré, en ce que ce dernier est permanent à l'air, tandis que le premier y absorbe de l'oxigène. Le sulfite sulfuré dépose du soufre par les acides, et le sulfite simple ne donne que de l'acide sulfureux : le sulfite sulfuré est dissoluble dans l'alcool, et le sulfite simple ne l'est pas du tout. On peut faire ce dernier en combinant immédiatement l'oxide de fer avec l'acide sulfureux ; celui-ci perd son odeur : on obtient une dissolution rouge.

99. L'oxide de fer le plus oxidé n'agit point sur l'acide sulfureux de manière à lui céder de l'oxigène et à le con-

vertir en sulfate, comme le fait l'oxide de manganèse; et cela prouve que le fer a plus d'attraction pour l'oxigène que n'en a l'acide sulfureux : aussi a-t-on vu le fer décomposer l'acide sulfurique, et en convertir une partie en acide sulfureux, décomposer même celui-ci, et en séparer du soufre, par lequel l'oxide de fer est un peu fixé dans sa combinaison avec cet acide, puisque le sulfite sulfuré est moins altérable par l'air que ne l'est le sulfite simple. On observera encore que les sulfites de fer sulfurés ou simples ne donnent point de noir avec la noix de galle, ni de bleu avec le prussiate de potasse, et qu'il n'y a pas lieu de douter, d'après cela, que l'oxide de fer n'y est pas porté aussi loin dans son oxidation que dans le sulfate de fer suroxigéné, ou même dans le sulfate de fer mêlé d'une certaine quantité de ce dernier. La fonte, en se dissolvant dans l'acide sulfureux, ne donne pas de gaz hidrogène; et c'est un moyen d'en séparer avec exactitude le carbure de fer qui reste en poudre noire après sa dissolution.

100. Le fer décompose l'acide nitrique avec une très-grande énergie : il se dégage tant de gaz nitreux, qu'une vapeur rouge très-forte se forme dans l'air au dessus du vase où l'on fait l'opération. L'effervescence, le bouillonnement, le boursouflement, l'écume sont considérables. Le fer est oxidé en rouge brun, et il reste en poudre sèche lorsque sur de la limaille fine on a mis peu d'acide nitrique. Cependant cet acide très-lourd et très-concentré agit beaucoup moins sur ce métal que lorsqu'il est étendu d'une certaine quantité d'eau : il paraît que celle-ci est nécessaire pour diminuer l'aggrégation des molécules de l'acide, et pour favoriser l'action du fer sur elles. Les anciens chimistes, frappés de la rapidité de l'action réciproque de ces deux corps, et uniquement occupés de l'intention de se procurer une dissolution plus ou moins chargée, et sur-tout permanente, de fer dans l'acide nitrique, ont trouvé un moyen de remplir ce but, en mettant du fer en mor-

ceaux dans l'acide nitrique faible, et en ne laissant pas saturer cet acide. Les chimistes modernes, depuis la découverte des gaz, ont moins songé à opérer une dissolution nitrique du fer qu'à puiser, dans leur action mutuelle, un procédé pour obtenir abondamment l'espèce d'oxide d'azote, connu sous le nom de *gaz nitreux*. Plusieurs d'entre eux ont conseillé cette dissolution pour dégager cette espèce de fluide élastique; mais la nature même du nitrate formé dans cette opération, son avidité pour s'unir à l'oxigène, la grande quantité qu'il peut en absorber, mettent un obstacle insurmontable à la réussite de ce procédé. En effet, le gaz nitreux qui se dégage dans ce cas est bientôt suivi de gaz azote, qui se mêle avec lui, et qui le rend extrêmement variable; de sorte qu'on ne peut jamais compter sur la nature de ce gaz. Lorsque l'action est la plus forte qu'il est possible, non-seulement l'azote est séparé d'avec l'oxigène de l'acide, mais encore l'eau qui lui est unie est décomposée; son hidrogène se combine à l'azote de l'acide nitrique, et forme de l'ammoniaque, comme on l'a vu dans la dissolution d'étain : aussi, lorsqu'on jette de la chaux vive dans une dissolution épaisse, ou plutôt dans le magma formé par le fer et l'acide nitrique, même après l'avoir gardé quelque temps dans des vaisseaux fermés, on obtient un dégagement plus ou moins considérable de gaz ammoniac.

101. Quand on emploie l'acide nitrique faible, et le fer en morceaux, on a une dissolution d'un vert jaunâtre, qui devient bientôt brune; le plus souvent même elle est de cette couleur : on y trouve toujours un excès d'acide. Stahl a remarqué qu'en mettant du fer dans ce nitrate ferrugineux liquide, l'oxide qui y était dissous se précipitait, et le fer moins fortement oxidé en prenait la place. En laissant la dissolution nitrique de fer exposée à l'air, ou en l'évaporant au feu, il y a précipitation d'oxide de fer rouge. Souvent, quand on l'évapore rapidement, elle prend la consistance d'une gelée rougeâtre, qui ne se dis-

sont qu'en partie dans l'eau, et dont la plus grande partie se précipite. On ne peut jamais en obtenir de cristaux. En chauffant le nitrate de fer dans une cornue, il se dégage beaucoup de vapeur rouge, de gaz nitreux, de gaz azote et d'eau. Il reste un oxide d'un rouge très-vif et brillant. La dissolution de ce sel précipite par la potasse pure un oxide d'un brun clair : si on met plus d'alcali qu'il n'en faut pour en opérer la précipitation, une partie de l'oxide se redissout, et la liqueur prend une couleur brune beaucoup plus foncée que n'était la dissolution. L'ammoniaque y forme un précipité très-coloré, qui se rapproche de l'oxide noir, et qui passe même tout-à-fait à cet état quand on le sèche à une chaleur subite et sans le contact de l'air. On a proposé cette précipitation pour préparer l'*éthiops martial ;* mais plusieurs des procédés décrits ci-dessus sont infiniment préférables à cause de la pureté du produit qu'ils donnent, et de la facilité de leur exécution. Si l'ammoniaque forme un précipité beaucoup plus coloré que les alcalis fixes caustiques, et s'il tire sur le noir de l'éthiops, c'est que l'alcali volatil se décompose et décompose l'oxide, comme je le ferai voir plus en détail lorsqu'il sera question de l'action des bases sur le fer et sur ses oxides.

102. On fait une précipitation regardée autrefois comme beaucoup plus importante que les précédentes, en versant du carbonate de potasse dans la dissolution nitrique de fer. Quoique Stahl n'ait indiqué que le phénomène de la dissolution qui a lieu dans ce cas, et quoiqu'on ait ignoré complétement la cause de cette dissolution jusqu'à la découverte de l'acide carbonique, ce chimiste avait recommandé cette préparation en médecine, sous le nom de *teinture martiale alcaline*. Pour l'obtenir, on verse dans la dissolution nitrique de fer celle du carbonate de potasse dans l'eau ; on ajoute un excès du précipitant, et on agite beaucoup le mélange ; on apperçoit bientôt le précipité disparaître et la liqueur se colorer en rouge foncé et brillant. Les auteurs ont varié sur la prépa-

ration de cette teinture ou dissolution alcaline. Tandis que Stahl conseille de prendre une dissolution nitrique bien saturée, plusieurs chimistes voulaient au contraire qu'on en prît une très-peu chargée de fer. Il est d'observation que cette dissolution réussit mieux quand elle est très-rouge que quand elle est pâle ou simplement jaunâtre. La véritable cause de cette dissolution étant due à l'acide carbonique dégagé de l'alcali, il faut choisir le carbonate de potasse bien saturé, étendre le mélange d'une certaine quantité d'eau, qui, en arrêtant l'acide, favorise la dissolution du fer. Cette liqueur, exposée à l'air, se trouble, se précipite, et dépose, sur-tout par le contact de l'air, une quantité considérable d'oxide de fer jaune rougeâtre, qu'on nommait autrefois *safran de Mars apéritif de Stahl.* J'ai observé que le carbonate d'ammoniaque, employé pour décomposer le nitrate de fer, dissolvait aussi très-abondamment l'oxide qu'il en sépare, et formait une teinture aussi belle que celle de Stahl, et qui pourrait le remplacer avec beaucoup d'avantages dans la pratique de la médecine.

103. L'acide nitrique tient très-faiblement à l'oxide de fer, et le laisse très-facilement précipiter, comme je l'ai déja plusieurs fois annoncé; aussi cet acide ne dissout-il pas l'oxide de fer très-oxidé, et s'en sert-on souvent dans les analyses chimiques pour brûler complétement le fer, l'empêcher d'être soluble, et favoriser ainsi la dissolution des autres oxides métalliques, ainsi que leur séparation de celui de fer : c'est ce que Bergman a particulièrement prescrit dans l'analyse de plusieurs minéraux, et spécialement des pierres, des terres, des résidus d'eaux minérales ferrugineuses. C'est ainsi que, dans le cas des analyses de mines où le fer est dans un état d'oxidation très-avancée, on prescrit d'enlever les terres solubles ou les autres oxides métalliques à l'aide de l'acide nitrique, qui ne touche point à l'oxide de fer, et qui le laisse seul et isolé : de sorte qu'on peut et le retrouver et le dis-

soudre, et connaître sa proportion par d'autres acides, comme je vais bientôt le faire voir. L'acide sulfurique décompose le nitrate de fer, lui enlève l'oxide de ce métal, et forme en s'y combinant du sulfate de fer suroxigéné. Il est bien facile de voir, par la seule inspection de la dissolution nitrique, qu'elle contient l'oxide de fer très-oxidé et beaucoup plus brûlé que le sulfate vert : on le prouve d'ailleurs par l'addition de la noix de galle, qui forme sur-le-champ un précipité noir dans cette dissolution, et par celle du prussiate de potasse qui la change en bleu pur, dont on n'a pas besoin d'aviver la couleur au moyen des autres acides ; et j'ai déja fait remarquer que l'encre et le bleu de Prusse ne prenaient ordinairement toute l'intensité de leur nuance qu'avec les oxides de fer très-oxidés, ou que s'ils n'étaient pas parvenus à toute leur couleur, ils n'en acquéraient le complément que par le contact de l'air ou par l'acide muriatique oxigéné. Puisque le nitrate de fer donne sur-le-champ les deux produits, il faut en conclure que le fer y est au moins à 0.48 d'oxigène : cela est mis hors de doute par une observation que le citoyen Vauquelin m'a communiquée sur l'action spontanée de l'acide nitrique et de l'oxide de fer. L'acide nitrique concentré, versé sur de l'oxide de fer, provenant de la décomposition de l'eau, y avait été laissé en contact pendant plusieurs mois sans qu'il parût y avoir entre eux d'action bien marquée ; cependant l'acide nitrique, sans avoir perdu son acidité, était très-adouci, et avait une saveur atramentaire très-sensible. Le citoyen Vauquelin fut fort étonné en remuant la liqueur, qui avoit une couleur brune, d'y voir plusieurs gros cristaux, dont le moindre pesait plus de quatre grammes. Ces cristaux étaient blancs et transparens : cependant, en les regardant par réfraction, ils avaient une légère teinte violette, et par réflexion ils paraissaient d'un gris de perle, et comme s'il y avait eu un peu d'oxide d'étain entre leurs lames ; leur forme était un prisme carré terminé par un biseau.

Ce nitrate de fer était fort déliquescent, d'une saveur piquante et atramentaire. En le jetant dans l'eau, il est devenu rouge, et sa dissolution tirait également sur cette couleur : elle a précipité en rouge par l'ammoniaque et par le carbonate de potasse ; elle a donné sur-le-champ un très-beau bleu de Prusse par le prussiate de potasse.

Ces phénomènes prouvent que l'acide nitrique a de l'affinité avec l'oxide de fer noir ; qu'il s'y unit jusqu'à saturation lorsque la température n'est pas trop élevée, et que cette combinaison est susceptible de cristallisation comme de quelque permanence. L'oxide de fer y est néanmoins à son *maximum* d'oxidation, puisqu'il en est précipité en rouge par l'ammoniaque et le carbonate de potasse, et en bleu par le prussiate de potasse.

104. Malgré la vive action qui a lieu entre le fer et l'acide nitrique, j'ai déja annoncé qu'on pouvait la modérer tellement en ajoutant beaucoup d'eau à cet acide, ou en n'en mêlant que très-peu dans une grande quantité d'eau, que le métal ne fait alors que passer à l'état d'oxide noir, et que c'était un procédé dont quelques auteurs s'étaient servis pour préparer l'éthiops martial. Le citoyen Darcet, dans un rapport fait en 1779 à la société de médecine, a indiqué l'invention de ce moyen comme due à Croharé, alors apothicaire à Paris ; et le docteur Ingenhousz, qui l'a communiqué en 1797 à un pharmacien de Bruxelles, ignorait sans doute qu'il eût été pratiqué plus de vingt ans auparavant dans des laboratoires de pharmacie de Paris. Fred. Hoffmann a proposé de se servir du nitrate de fer évaporé à siccité pour en obtenir par la distillation de l'esprit de nitre, comme on l'appelait alors, *très-fort* et *très-rutilant*. Il est utile encore à l'histoire de la science de remarquer ici que la dissolution de fer dans l'acide nitrique a été pour Mayow, à la fin du dix-septième siècle, et pour Hales, presqu'au commencement du dix-huitième, l'occasion de deux découvertes capitales, qui n'ont

pas germé parmi leurs contemporains, mais qui étaient comme les premières lueurs de la révolution que la chimie devait éprouver, près d'un siècle après la première de ces époques, par l'examen des fluides élastiques. Mayow remarqua, en faisant cette dissolution dans un appareil singulièrement analogue à ceux dont se sont servis près de cent ans après Priestley et Lavoisier, que, malgré le dégagement d'une vapeur, il y avait condensation et diminution sensible dans l'air de son appareil. Hales, en faisant agir l'eau-forte sur un sulfure de fer ou une pyrite de Sméathon, obtint un fluide qui devint rouge en se mêlant à l'air; et quoiqu'il n'ait pas véritablement distingué le gaz nitreux, il est évident qu'il en a fait la première découverte. Enfin, quelques chimistes modernes ont cru que le fer oxidé par l'acide nitrique prenait les caractères d'un acide particulier. Mais aucun fait exact n'a encore prouvé cette assertion, et l'on ne doit la regarder que comme un aperçu.

105. Le fer, qui n'attaque et ne décompose pas plus l'acide muriatique que ne le font toutes les autres substances métalliques, éprouve cependant une forte et prompte altération dans le gaz acide muriatique, à raison de l'eau que ce gaz tient toujours en dissolution. On voit la limaille de fer noircir d'abord, passer ensuite à l'état d'oxide rougeâtre, souvent mouillé de petites gouttes de liqueur verte. Le gaz augmente un peu de volume, se trouve mêlé de gaz hidrogène, preuve que l'eau qui y était dissoute est décomposée par le fer. Lorsque l'acide muriatique est en entier absorbé par le fer oxidé, le gaz hidrogène, produit de cette action, remplit seul la cloche où elle a lieu. Si à cette époque on y fait passer un peu d'eau, celle-ci se colore en vert et dissout du muriate de fer, au fond duquel on trouve de l'oxide noir de ce métal. Un peu d'acide muriatique dans beaucoup d'eau favorise singulièrement le changement du fer en oxide noir, et par conséquent accélère la formation de l'éthiops martial de Lémery.

106. L'acide muriatique liquide attaque ou paraît attaquer d'autant plus rapidement le fer qu'il est moins dense ou moins concentré ; il s'établit, dès le premier contact de ces substances, une vive et bruyante effervescence, produite par le dégagement d'une grande quantité de gaz hidrogène, dû à l'eau qui étend ou délaye l'acide ; le fer, agité dans la liqueur, paraît comme une poussière noire ; s'il contient du carbone, il reste, après sa dissolution, un peu de poussière de carbure de fer très-noire. L'acier laisse même dans cette opération, quand on la fait doucement, un fragment ou quelques fragmens poreux, légers, de ce composé carboné ; à mesure que le fer est oxidé par l'eau, il se dissout dans l'acide et forme une liqueur verte qui n'a point la belle couleur d'émeraude du sulfate de fer, mais qui est ou plus pâle, ou tirant sur le jaune. Cette dissolution toujours acide, d'une saveur styptique, forte, est la plus permanente dissolution de fer qui existe : c'est celle qui se trouble et se précipite le moins par tous les moyens oxigénans ; cependant, laissée à l'air pendant quelque temps ou chauffé fortement, elle passe au brun, et dépose de l'oxide de fer. L'évaporation la plus ménagée et le refroidissement le plus lent n'en séparent pas de cristaux. Quand elle est portée à la consistance sirupeuse, elle forme, en se refroidissant, une espèce de magma, au milieu duquel on apperçoit quelques rudimens de cristaux aiguillés et aplatis, qui paraissent être très-déliquescens. Ce magma se fond à un feu doux et comme une espèce de graisse. Si on le chauffe quelque temps, il se dessèche en prenant une couleur de rouille rougeâtre ; il s'en exhale de l'acide muriatique, qui, suivant l'observation de Brandt, emporte avec lui de l'oxide de fer. En distillant le muriate de fer épais dans une cornue de grès à un feu gradué qu'on pousse jusqu'à la plus extrême violence, on obtient d'abord de l'eau acidulée, du gaz acide muriatique, qui, chargé de fer, se dépose en cristaux dans le ballon, et s'attache en lames brillantes et colorées à la voûte de la cornue ;

à la fin de l'opération, il se sublime du fer en oxide noir, qui se cristallise en lames hexaèdres brillantes et polies comme de l'acier, et qui jouit aussi de la polarité magnétique: ces lames ressemblent, sinon pour la forme, au moins pour la couleur, au fer de Volvic et du mont d'Or. Il n'est pas douteux que le fer ne se désoxide et ne se cristallise qu'après avoir été réduit en vapeur, et qu'il ne se forme en même temps de l'acide muriatique oxigéné; il est très-remarquable que le muriate de fer, récent en dissolution, donne par tous les réactifs alcalins et en état de pureté, un précipité qui se réduit très-facilement en oxide noir: tout annonce que le fer est moins oxidé ou plus disposé au moins à perdre son oxigène dans sa combinaison avec l'acide muriatique.

107. Cependant cet acide attaque tous les oxides les plus avancés de ce métal; il est conseillé par tous les chimistes pour dissoudre les oxides de fer brun, rouge ou jaune qui résistent à l'action des autres acides: cette propriété le fait employer, avec beaucoup d'avantage, dans l'analyse des terres, des pierres, des résidus d'eaux minérales, des cendres végétales et animales. L'expérience et le besoin avaient appris ce fait à ceux qui travaillaient habituellement dans les laboratoires de chimie, bien avant que les chimistes modernes se fussent occupés de l'action de l'acide muriatique, et sur-tout avant qu'on eût reconnu la cause de cette action. On avait la coutume dans les manipulations chimiques, pour nettoyer les vases de verre imprégnés d'oxide de fer, qui y adhère beaucoup et qui les salit de manière à ce qu'ils ne peuvent servir à aucune opération de chimie dans cet état, d'y verser un peu de ce qu'on nommait *esprit de sel*, c'est-à-dire d'acide muriatique fumant, d'agiter fortement cet acide dans les vases, et de les chauffer même légèrement: ce procédé enlevait les taches de rouille. J'ai trouvé, il y a quelques années, la cause de cette dissolubilité des oxides de fer par l'acide muriatique. Ayant versé cet acide un peu concentré sur de l'oxide de fer

brun, indissoluble dans les autres acides, et sur-tout inattaquable par celui du nitre, je me suis apperçu qu'il se formait de l'acide muriatique oxigéné ; il m'a paru même que cette formation était assez forte et assez abondante pour proposer de se servir de ce procédé au défaut d'oxide de manganèse. A mesure qu'une partie de l'acide muriatique qu'on y emploie passe à l'état d'acide muriatique oxigéné, l'oxide de fer désoxidé se dissout dans l'autre portion de l'acide muriatique, et forme un muriate de fer rouge différent du précédent, comme le sulfate de fer rouge diffère du vert. Il y a lieu de croire que c'est par quelque expérience analogue que Stahl a pu être induit en erreur quand il a prétendu que ce fer changeait l'acide muriatique en acide du nitre ; la couleur jaune et l'odeur particulière que contracte cet acide ont pu le séduire. Le muriate de fer suroxigéné que l'on fabrique ainsi donne, par les alcalis, un précipité qui ne peut plus être oxidé au moins très-sensiblement par l'air ; la noix de galle et les prussiates le convertissent de suite en noir foncé et en bleu de Prusse riche.

108. L'acide phosphorique ne se combine que très-lentement avec le fer ; il finit cependant par favoriser son oxidation, et par former avec son oxide un sel indissoluble. C'est ainsi qu'il se combine vraisemblablement dans la nature, et qu'il constitue le phosphate de fer que l'on trouve dans les fers limoneux. Voici un exemple frappant de cette action réciproque dans un fait observé par le citoyen Vauquelin. Ce chimiste, en considérant avec attention des plaques de fer très-larges et très-épaisses, appliquées sur le bas des murs d'une arcade publique très-fréquentée, remarqua d'abord avec étonnement que ces pièces de fer si fortes avaient éprouvé, sur-tout dans les enfoncemens de cette arcade, une altération singulière ; elles étaient jaunes, rougeâtres, rouillées, boursouflées, inégales, raboteuses, augmentées de volume, et devenues si cassantes, que le choc le plus simple ou l'effort le plus modéré suffisait pour

les briser et en enlever des morceaux très-épais et très-volumineux : en sorte que les barres placées pour soutenir et défendre les pierres contre les froissemens des voitures et des corps durs qui les frappent si souvent, n'étaient plus capables de résister à ces pressions, et ne remplissaient plus l'usage auquel elles étaient destinées. La cause de cette altération si forte fut bientôt reconnue par le citoyen Vauquelin pour être due à l'urine qui arrosait sans cesse ces barres de fer, dans le lieu où on s'arrête pour satisfaire à ce besoin naturel. Pour déterminer en quoi consistait cette altération, ce chimiste a brisé plusieurs de ces morceaux et les a trouvés d'un brun rouge en dedans, d'un grain lamelleux, brillant et comme spathique, tapissés, dans les cavités nombreuses qu'on y remarque, de petits cristaux brillans. En chauffant ce fer rouillé et cristallin dans un creuset brasqué, il s'est fondu assez facilement, a donné un culot homogène, cassant, d'un gris brillant et métallique, d'un grain fort dur et serré, qui a présenté au chalumeau, et par les acides, toutes les propriétés du phosphure de fer. Ce culot pesait plus de la moitié du fer employé ; il était recouvert d'une scorie d'émail gris verdâtre et boursouflé, qui n'était que du phosphate de chaux vitrifié et coloré par l'oxide de fer. Ainsi le métal altéré n'était que du phosphate de fer mêlé de phosphate calcaire, de quelques autres sels et de matières colorantes provenant de l'urine humaine : le charbon chauffé fortement avec ce corps la réduit en phosphure de fer, en désoxidant ce métal et désacidifiant l'acide phosphorique.

Cette observation fournit trois résultats utiles. 1°. Il ne faut point exposer du fer dans les lieux qui reçoivent sans cesse de l'urine humaine, sans le couvrir au moins de vernis très-épais et très-solide : du fer plongé dans l'urine éprouve le même changement. 2°. On ne doit pas évaporer l'acide phosphorique dans des vases de fer qui s'usent et se percent par l'action de ce corps. 3°. Quand on prépare du phosphore avec l'acide phosphorique qui a été évaporé dans des vaisseaux de

ce métal, et de même dans des vases de cuivre, on perd une partie du phosphore, qui s'unit avec l'un ou l'autre de ces métaux : aussi les résidus de cette distillation contiennent-ils souvent des globules de phosphure de fer ou de cuivre. C'est à la réduction des phosphates métalliques en phosphures, quand l'acide phosphorique dont on se sert en contient abondamment, réduction opérée par le charbon, que paraît être dû le boursouflement considérable qui nuit si souvent dans cette opération : l'abondance de l'acide carbonique formé et dégagé en est la cause immédiate.

On prépare encore du phosphate de fer en versant des dissolutions de phosphate alcalin dans une dissolution de sulfate de nitrate ou de muriate de fer ; il se fait alors un double échange de bases et d'acides. L'alcali quitte l'acide phosphorique pour se porter sur l'acide qui tient le fer en dissolution, et l'oxide de ce métal séparé s'unit avec l'acide phosphorique ; on obtient ainsi un précipité blanc de phosphate de fer : on a déja vu plus haut que le sel dissous dans l'acide sulfurique étendu d'eau se précipitait, au bout de quelques heures, en une poussière blanche qui reste long-temps suspendue dans la liqueur, et qui ne se dépose qu'à l'aide du temps. Il est presque superflu d'ajouter ici que le phosphate de fer, de quelque manière qu'il soit préparé, jouit constamment de la propriété de se réduire par le charbon rouge : en sorte que, pendant leur fusion à travers les charbons allumés, les mines qui contiennent du phosphate de fer doivent éprouver la conversion de ce sel en phosphure métallique qui s'unit à la fonte, reste adhérent à cette matière ; de sorte même qu'après l'affinage le fer qui en provient est cassant à froid, à cause du phosphure ferrugineux dont il est plus ou moins chargé.

109. L'acide fluorique liquide attaque le fer avec une grande violence ; la vive effervescence qu'il fait naître est due au dégagement du gaz hidrogène et à la décomposition de l'eau. La dissolution a une saveur astringente et métallique, ana-

logue à celle du sulfate de fer ; elle ne donne pas de cristaux par l'évaporation, mais se prend en une espèce de gelée : si on la pousse à siccité, elle devient dure et très-solide ; si on la chauffe fortement, elle laisse échapper son acide, et laisse un oxide de fer d'un beau rouge. L'acide sulfurique la décompose et en dégage l'acide fluorique. L'oxide de fer se dissout aussi dans cet acide, et lui donne, suivant Schéele, un goût alumineux. Les alcalis et les terres précipitent le fluate de fer, et en séparent un oxide qui devient facilement noir quand on le chauffe.

110. L'acide boracique favorise aussi, mais très-lentement, l'oxidation du fer par l'eau ; il ne s'unit d'ailleurs que faiblement à l'oxide de ce métal. On obtient cependant cette combinaison sous la forme de poussière, en précipitant la dissolution du sulfate de fer par celle de borate de soude neutre ou de borax, auquel on ajoute de l'acide carbonique ; car ce sel naturellement avec excès de soude, employé dans cet état pour décomposer les dissolutions métalliques, donne deux précipités mélangés, l'un d'oxide formé par la soude excédente, l'autre de borate métallique ; et quand on veut n'obtenir que ce dernier, il est évident qu'il faut faire disparaître auparavant dans le borax cet excès de soude. Au reste on n'a point encore examiné les propriétés du borate de fer.

111. L'acide carbonique s'unit facilement avec l'oxide de fer, comme on l'a déja vu dans l'histoire de la rouille de ce métal, qui n'est qu'un carbonate, parce qu'à mesure que le fer s'oxide, il absorbe facilement l'acide carbonique de l'atmosphère. Cet acide dissous dans l'eau, mis en contact avec le fer, l'attaque sensiblement, dégage sans effervescence sensible l'odeur du gaz hidrogène, et se trouve, après quelques heures de ce contact, tenir assez d'oxide de fer en dissolution pour avoir une saveur piquante et un peu styptique. Lane et Rouelle ont les premiers découvert et examiné les propriétés de cette dissolution. Bergman, qui en a donné une histoire très-exacte, a

remarqué qu'exposé à l'air elle se couvrait d'une pellicule irisée, qu'elle était décomposée par la chaux et les alcalis, tandis que les carbonates alcalins n'y opéraient pas la même décomposition. Le carbonate de fer ainsi dissous verdit le sirop de violettes; quand on évapore la liqueur, elle dépose son sel ferrugineux sous la forme d'une ochre rougeâtre.

La nature présente très-fréquemment cette dissolution carbonique de fer dans les eaux minérales, et ce sont même là les eaux ferrugineuses ou *martiales* les plus abondantes; il y a des pays où l'on en rencontre à chaque pas, tels que le département de l'Allier et celui du Puy-de-Dôme dans la République française. On croyait autrefois que le fer était simplement dissous dans l'eau : plusieurs auteurs de chimie voulaient cependant que le fer y fût dissous par l'acide sulfurique, quoiqu'ils ne pussent pas en démontrer la présence. La découverte de l'acide carbonique, sous son premier nom d'*air fixe*, a levé toutes les difficultés à cet égard. On a trouvé que le fer était presque toujours dissous par cet acide dans les eaux; qu'il y avait deux genres d'eaux ferrugineuses, les unes tenant peu, les autres tenant beaucoup d'acide carbonique; les secondes piquantes, acidules, moussent facilement; les premières ne présentent pas de pareils caractères : toutes deux déposent leur carbonate de fer par le contact de l'air et à mesure que l'acide carbonique qui en opère la dissolution, s'évaporait. Rouelle le cadet a découvert que le fer spathique naturel, ou le carbonate de fer natif, se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique, et imite aussi bien les eaux minérales ferrugineuses. Aujourd'hui on fabrique ces eaux artificiellement, et non seulement on imite ainsi les eaux naturelles, mais on leur donne à volonté un degré de douceur ou de force qui remplit les intentions du médecin; en sorte qu'on se sert aussi utilement de ce produit de l'art dans les maladies, que des eaux ferrugineuses naturelles.

112. Dans mes recherches sur la *rouille de fer* et sur le safran

de mars apéritif, insérées dans le Recueil de mémoires de chimie que j'ai publié en 1784, j'ai fait voir qu'en distillant ces composés faits par l'air, on obtenait du gaz acide carbonique et un peu d'eau; qu'ils se trouvaient alors convertis en oxide de fer noir; qu'en exposant des alcalis fixes caustiques à la vapeur qui s'en dégageait pendant cette décomposition par le feu, on les faisait cristalliser en les portant aussi à l'état de carbonates; que la même rouille, distillée avec le muriate d'ammoniaque, donnait du carbonate d'ammoniaque; que c'était donc du carbonate de fer artificiel absolument de la même nature que ce qu'on avait nommé du fer spathique ou de la mine de fer blanche, et que cela expliquait la production si rapide de la rouille qui a lieu par le contact de l'air humide, et surtout dans les lieux où il y a le plus d'acide carbonique en même temps, tels que les écuries, les étables, les latrines, ainsi que la corrosion profonde des morceaux de fer les plus gros et les plus épais.

113. On n'a point encore examiné, au moins avec l'exactitude et le soin suffisans pour la bien connaître, l'action que les acides métalliques exercent sur le fer, et les composés qu'ils forment avec son oxide. On n'a presque rien ajouté aux premiers faits observés par Schéele sur ce genre de combinaisons. Suivant ce célèbre chimiste, le fer est attaqué lorsqu'on le fait digérer avec l'acide arsenique; et à la fin toute la dissolution prend la forme d'une gelée. Si la digestion a été faite dans un matras bouché, et de manière qu'il n'y soit pas entré d'air, cette dissolution ne se coagule point. En l'exposant à l'air libre pendant quelques heures, sa surface devient tellement solide, que l'on peut renverser le matras sans qu'il en tombe rien; la dissolution non épaissie a donné, avec la potasse, un précipité gris verdâtre, d'où il s'est dégagé de l'acide arsenieux par l'action du feu, et qui a laissé dans le fond de la cornue un oxide de fer rouge.

Une partie de limaille de fer ayant été traitée à la distilla-

tion avec quatre parties d'acide arsenique concret, ce mélange se gonfla et s'enflamma; il y eut de l'arsenic métallique sublimé, et des taches d'un brun jaune disséminées sur les parois de la cornue. On voit ici que le fer a fortement enlevé l'oxigène à l'acide arsenique, et l'a plus condensé qu'il ne l'était dans cet acide. L'acide arsenique ne précipite point le fer des dissolutions décrites ci-dessus; mais les arseniates et les arsenites l'en séparent en poudre très-peu soluble, qui devient jaunâtre ou rougeâtre par le contact de l'air. Ce précipité, fusible à un grand feu, exhale l'odeur de l'arsenic sublimé quand on le fond, se change en une scorie noire qui, traitée avec le charbon, laisse évaporer beaucoup d'arsenic, et se réduit à l'état d'oxide noir de fer, très-attirable à l'aimant.

114. L'acide tunstique n'agit que très-peu à froid, et immédiatement sur le fer. Ce métal, plongé dans la dissolution de cet acide par l'acide muriatique, lui donne une belle couleur bleue provenant de la décomposition de l'acide tunstique et de sa conversion en tungstène par le fer: l'acide tunstique précipite le sulfate de fer en tunstate ferrugineux blanc. On sait que le wolfram est du tunstate de fer natif: les propriétés de cette mine appartiennent au tunstate de fer artificiel.

115. Schéele n'a presque rien dit de la combinaison de l'acide molybdique avec le fer; il a seulement annoncé que les molybdates alcalins solubles précipitaient les sels ferrugineux en brun, et que l'acide molybdique dissous passait au bleu lorsqu'on y plongeait des métaux avides de le rapprocher lui-même de l'état métallique.

116. Quoique le citoyen Vauquelin, dans ses deux mémoires sur le chrome et l'acide chromique, n'ait point parlé en particulier de l'action de cet acide sur le fer, il est facile de concevoir, d'après la grande disposition qu'il a pour perdre la portion acidifiante de l'oxigène, et pour repasser de l'état orangé d'acide à celui d'oxide vert, que le fer plongé dans cette dissolution doit produire cet effet. On unit l'acide chromique,

sans décomposition, à l'oxide de fer, en versant dans une dissolution de celui-ci par quelque acide que soit, une dissolution d'un chromate alcalin; on obtient sur-le-champ un précipité de chromate de fer, coloré en brun lorsque la dissolution ferrugineuse est suroxigénée. Dans le cas opposé, le précipité est vert, parce que l'acide chromique cédant de son oxigène au fer qui n'en est pas saturé, passe à l'état d'oxide de cette couleur.

I. *Action sur les bases et sur les sels.*

117. Le fer à l'état métallique n'a qu'une action très-faible sur les terres et les alcalis : cependant ces derniers, à l'état caustique et concentré, favorisent la décomposition de l'eau par le fer, puisqu'on voit s'élever du gaz hidrogène, et puisque le métal prend bientôt au fond des liqueurs l'état très-reconnoissable d'oxide noir ou d'*éthiops martial*. A peine y a-t-il néanmoins dissolution sensible de l'oxide de fer ainsi formé dans les alcalis liquides qui en ont accéléré la formation; ils ne précipitent, par un long contact de l'air, que quelques légères poussières jaunâtres, qui enduisent plutôt les parois des vases qu'elles ne forment un véritable dépôt.

118. Les oxides de fer bruns se condensent avec les terres détrempées dans l'eau : ce mélange prend beaucoup de dureté à l'aide du temps; et on a remarqué, il y a long-temps, que les cimens où il entrait de l'oxide de fer étaient bien plus solides et bien plus durables que ceux dont cet oxide ne faisait pas partie : telle est sans doute la cause des succès que l'on obtient dans la préparation des cimens et des mortiers fabriqués avec des pouzzolanes, espèces de terres ou de fragmens de produits volcaniques, qui dans leur composition recèlent une grande quantité d'oxide de fer, et qui font des constructions très-bonnes et très-solides sous l'eau; telle est aussi la raison de l'utilité de l'espèce de résidu qu'on nomme ciment des distillateurs

d'eau-forte, et qui n'est que de l'argile cuite et rapprochée de l'oxide de fer qui y est mêlée en assez grande proportion par l'action du feu. Les briques faites avec de l'argile ferrugineuse bien cuite remplissent le même usage.

119. Les mêmes oxides de fer éprouvent une altération qui n'est pas encore bien connue dans sa cause, de la part des alcalis caustiques. On ne peut pas verser une dissolution de potasse ou de soude caustique un peu concentrée sur de l'oxide de fer rouge, et sur-tout aider l'action réciproque de ces deux corps par le feu, sans que la couleur de l'oxide ne tende à passer au noir, et sans que cet oxide ne se rapproche très-sensiblement de l'état métallique. Le même phénomène est produit par la barite, la strontiane, et la chaux bien vive, qu'on broie avec de l'eau et de l'oxide de fer; celui-ci passe au brun foncé, et se conserve dans cet état sans devenir jaune par le contact de l'air, comme on le voit dans l'oxide de fer pur sans mélange. Se passe-t-il dans ces opérations quelque chose de semblable entre les alcalis caustiques et l'oxide de fer, à ce que j'ai observé entre ce même oxide et l'ammoniaque pure : aussitôt que ces deux corps sont en contact, et sur-tout dès qu'on aide leur action par la chaleur, l'oxide de fer perd sa couleur rouge et passe au brun foncé, et même au noir; il se fait dans ce cas une effervescence sensible, et elle donne naissance à du gaz azote qu'on peut recueillir quand on fait l'expérience sur des quantités suffisantes de matières. Il est bien évident qu'ici l'hidrogène de l'ammoniaque se porte sur l'oxigène de l'oxide de fer, avec lequel il forme de l'eau en le laissant dans l'état d'oxide noir, et que l'autre principe qui constitue l'azote se dégage en fluide élastique; mais on ne peut point assurer la même chose des alcalis fixes, dont on ignore la nature et la composition, et dans lesquels, comme je l'ai dit ailleurs, on n'a pas même prouvé encore la présence de l'azote.

120. Il est un autre mode de combinaison entre les bases terreuses sur-tout et l'oxide de fer : c'est celui de la fusion à

l'aide d'un feu plus ou moins fort. L'oxide de fer s'unit intimement à la matière terreo-alcaline, se fond avec elle en verre qu'il colore en brun foncé ou en vert sombre, ou même en une nuance presque noire : quelquefois le verre est simplement verdâtre. Au reste, la couleur de cette vitrification varie suivant l'état de l'oxide de fer, suivant sa quantité, suivant les mélanges auxquels on l'allie, et encore suivant la force et la durée du feu qu'on lui fait éprouver : de là les nuances d'un grand nombre de rouges, de bruns, de jaunes rouges ou bruns, de vert clair ou foncé qu'on donne aux émaux, aux couvertes de faïence et de porcelaine, aux verres de différentes espèces que l'on fabrique, suivant l'état, la quantité des oxides de fer qu'on y fait entrer, et suivant le degré de feu que l'on emploie.

121. Le fer, comme toutes les autres substances métalliques, agit sur les sels en raison de l'action qu'il est susceptible d'exercer sur les acides qu'ils contiennent. C'est ainsi qu'il décompose les sulfates alcalins à l'aide d'une haute température, parce qu'il enlève alors l'oxigène à leur acide sulfurique, et le réduit à l'état de soufre. J'ai trouvé qu'en faisant chauffer au rouge pendant une heure, dans un creuset bien clos, une partie de sulfate de potasse avec deux parties de fer en limaille fine, on obtenait une espèce de scorie grenue, noire et irisée, boursouflée et d'un vert foncé à sa surface, et présentant sur le creuset, vers le haut, des taches rouges brunes. Cette matière était très-dure, très-difficile à limer ; elle offrait, dans quelques cavités intérieures, des lames hexaèdres brillantes d'oxide de fer noir ; elle avait une saveur âcre et brûlante. En la réduisant en poudre, elle a exhalé une odeur fétide de gaz hidrogène sulfuré ; elle n'attirait pas cependant l'humidité de l'air : lessivée avec dix parties d'eau distillée, cette matière a donné une liqueur verte si foncée, qu'il a fallu plus de trente nouvelles parties d'eau pour lui faire prendre de la transparence : c'était une dissolution de sulfate de potasse hidrosulfuré, te-

nant un peu de fer en dissolution, d'où les acides ont précipité du soufre, dégagé du gaz hidrogène sulfuré, en détruisant complétement sa couleur, qui paraissait être due à l'oxide de fer hidrosulfuré. La plus grande partie de la matière ne s'est point dissoute dans l'eau, mais a donné beaucoup de gaz hidrogène sulfuré par l'acide muriatique. Tous les sulfates alcalins et terreux sont susceptibles d'être décomposés de la même manière par le fer fortement chauffé.

122. Tous les nitrates sont également décomposables par le fer chauffé au rouge, ou quand on les projette après les avoir mêlés avec ce métal en limaille fine dans un creuset rougi au feu. L'acide nitrique de ces sels fournit son oxigène au fer, qui reste ensuite brûlé, qui s'enflamme même presque toujours et fait détoner ces sels : les bases de ceux-ci sont alors mêlées avec l'oxide de fer, qui y adhère plus ou moins fortement, suivant leur nature ; parmi les nitrates, c'est celui de potasse ou le nitre ordinaire que l'on choisit pour cette opération, comme le plus abondant et celui qui réussit le mieux aux détonations. On mêle exactement dans un mortier de fonte deux ou trois parties de ce sel et une partie de limaille fine de fer, neuve et non rouillée ; on projette ce mélange par parties dans un creuset placé au milieu des charbons allumés et bien rouges. Il s'élève à chaque projection un grand nombre d'étincelles éclatantes ; aussi emploie-t-on un pareil mélange pour l'artifice. Après la détonation on trouve une masse demi-fondue, d'un jaune rougeâtre, qui donne de la potasse pure par le lavage, et qui laisse un oxide de fer très-surchargé d'oxigène indissoluble dans la plupart des acides, excepté le muriatique, qu'on nommait autrefois *safran de mars de Zwelfer.* Juncker a dit que la dissolution alcaline provenant de ce lavage avait une couleur violette foncée : cela ne peut venir que de l'oxide de manganèse ; et quand le fer est bien pur, il reste en oxide rouge sans colorer la lessive de l'alcali du nitre. La fonte et l'acier détonent aussi avec le nitre ; l'une et l'autre

donnent, outre l'oxide de fer, de l'acide carbonique parmi les produits aériformes ; et en faisant l'expérience avec toutes les précautions convenables dans un appareil fermé, on peut apprécier ainsi la proportion de carbonate contenu dans ces corps. L'acier donne une flamme rouge et très-brillante dans cette détonation ; aussi emploie-t-on ce mélange pour l'artifice.

123. Quelques muriates sont susceptibles d'être décomposés par le fer. Schéele ayant observé que des cercles de fer placés autour d'un tonneau qui contenait des salaisons, étaient recouverts d'une efflorescence saline qu'il reconnut pour du carbonate de soude, plongea une lame de fer dans une dissolution saturée de muriate de soude. Quand on laisse du fer tremper dans cette dissolution, de manière qu'une partie du métal sorte de l'eau et plonge dans l'air, il ne se sépare de soude que dans la partie sèche et au-dessus de l'eau. Il paraît que la dissolution n'est pas décomposée, et que cela n'arrive qu'au sel sec. Schéele a observé en effet que des gouttes brunes de muriate de fer qu'il avait trouvées sur la lame suspendue dans l'air, étaient précipitées abondamment par le carbonate de soude existant sur la même lame. Cette expérience, qui n'était qu'un essai imparfait, sur-tout entre les mains du célèbre chimiste de Koeping, peut conduire par la suite à l'art de décomposer le sel marin et d'en obtenir la soude. Il paraît qu'elle dépend du jeu de quelques attractions doubles qui auront échappé à l'habile auteur de cette observation. La présence de l'acide carbonique de l'atmosphère ne suffit pas pour en expliquer la cause, puisque le carbonate de soude décompose aisément et complétement le muriate de fer. La proportion des matières en est vraisemblablement la source.

124. Le muriate d'ammoniaque est facilement décomposé par le fer à l'aide de la chaleur ; il se dégage du gaz hidrogène et du gaz ammoniac. En faisant autrefois cette expérience avec un récipient ordinaire qui laissait dissiper le gaz ammoniac, et qui ne pouvait recueillir qu'un peu d'ammoniaque liquide à

l'aide de l'eau contenue dans le muriate d'ammoniaque, on avait observé que cet alcali volatil liquide entraînait avec lui un peu d'oxide de fer, qui se précipitait ensuite. On préparait ce qu'on nommait *les fleurs ammoniacales martiales* avec seize parties de muriate d'ammoniaque et une partie de fer en limaille ; on sublimait ce mélange dans deux terrines de grès placées l'une sur l'autre ; il n'y avait que très-peu de muriate d'ammoniaque décomposé, et ce sel n'était que coloré faiblement en jaune par une petite portion de muriate de fer formé. On préparait aussi le même médicament avec de l'oxide de fer, de l'hématite, etc. Dans plusieurs pharmacopées allemandes, on prescrivait des quantités égales de sel ammoniac et d'oxide de fer ou de fer en limaille : aussi les *fleurs ammoniacales* que l'on obtenait étaient beaucoup plus colorées que celles dont j'ai parlé ; elles contenaient beaucoup plus de muriate de fer, qui, exposé à l'air, en attirait l'humidité, formait un liquide jaune rougeâtre, épais et très-âcre, qu'on nommait très-improprement *huile de mars*. Boerhaave, en appliquant l'alcool aux *fleurs ammoniacales martiales*, préparait ainsi une teinture de fer très-chargée, parce que le muriate de fer est bien dissoluble dans l'alcool.

Les oxides de fer rouge ou jaune décomposent beaucoup mieux le muriate d'ammoniaque que le fer lui-même ; c'est pour cela qu'en triturant ces oxides avec ce sel, on a une odeur d'ammoniaque très-vive : mais il faut observer que la trituration développe du calorique qui commence cette décomposition. On a vu plus haut que l'ammoniaque décomposait le muriate de fer à froid : le fer et ses oxides ne décomposent donc le muriate d'ammoniaque qu'à l'aide d'une élévation de température, et par une double attraction, celle de l'oxide de fer pour l'acide muriatique, et celle de l'ammoniaque pour le calorique.

125. Les muriates suroxigénés brûlent le fer avec beaucoup de force ; on n'a encore apprécié que l'action du muriate suroxigéné de potasse sur ce métal. Quand on mêle deux par-

ties de ce sel avec une partie de limaille de fer très-fine, ce mélange détone fortement et avec une flamme rouge très-vive par le choc ou par une pression vive : il s'allume avec une grande énergie par le contact d'un corps en ignition. C'est un moyen de faire une analyse exacte des fontes et des aciers, en recueillant le produit fluide élastique et l'oxide métallique, résultats de cette opération ; oxide d'où l'on peut séparer facilement, par le lavage, la portion du muriate de potasse qui reste après la détonation. On pourra quelque jour employer la combution du fer et de l'acier par le muriate suroxigéné de potasse, pour les feux d'artifice, à cause de la flamme très-brillante et des beaux effets de lumière qui accompagnent cette combustion rapide et instantanée.

126. Il n'y a point d'action connue entre le fer, les phosphates, les fluates, les borates et les carbonates par la voie humide et à froid. Cependant, ce métal est si facile à oxider, il a tant d'énergie pour absorber l'oxigène et s'en saturer, qu'il n'est pas difficile de concevoir comment, humecté par les dissolutions de ces sels, il peut se rouiller très-vîte à l'air : à chaud, il se brûle promptement, et se combine en oxides avec ceux de ces sels qui sont plus ou moins fusibles et fondans ; il les colore en vert brun ou en nuances foncées et obscures, qui attestent ensuite sa présence dans les globules vitreux que l'on obtient en faisant ces sortes d'expériences au chalumeau, comme on a coutume de faire.

K. *Usages.*

127. J'ai déja indiqué, dans tout ce qui précède, une grande partie des usages du fer. J'ai sur-tout fait voir que ce métal, beaucoup plus réellement utile que l'argent et l'or, d'une part, à cause de son abondance, de l'autre par ses nombreuses propriétés, avait sur tous les métaux l'avantage inappréciable autant que singulier, de pouvoir être dans une foule d'états dif-

férens, et de présenter dans chacun de ces états des qualités qui le rendaient d'un prix inestimable. J'ai insisté, dans le commencement de son histoire, sur les grands rapports que le philosophe trouve entre la prospérité des nations, le perfectionnement de la raison humaine et celui des arts multipliés qui s'exercent sur le fer, sur-tout sur ceux qui consistent à lui donner toutes les modifications dont il est susceptible, à l'avoir mou et flexible presque comme de l'étain dans un de ses extrêmes, et dans l'autre, si dur et si tenace qu'il peut entamer tous les corps ou qu'aucun ne peut lui résister. Dans ce dernier état, tous les êtres semblent être soumis à sa puissance et à sa domination; il fait disparaître leur forme, leur consistance, leur tissu, leur organisation. Dans les mains de l'homme qui a su lui donner cette propriété dominatrice, il change et modifie sans cesse tout ce qui l'environne; et par cela seul on peut juger non seulement quelle prééminence il a donnée à l'espèce sur tous les autres animaux, mais encore quels progrès il a dû faire faire à l'esprit humain. Quelle différence doit exister entre les nations sauvages qui ne le connaissent pas, et les peuples policés qui en ont le plus avancé le travail et multiplié l'emploi!

128. Quoiqu'il paraisse décidément aujourd'hui partager avec le cobalt et le nickel la propriété magnétique, il est le seul encore qui dirige le navigateur sur la mer, et il conservera long-temps cette préférence par rapport à sa force aimantaire, à cause de son abondance, de la facilité de son travail, et de celle avec laquelle on peut y multiplier, en quelque sorte, cette singulière puissance. Sous ce point de vue les usages du fer ne peuvent être limités, et il est impossible de prévoir encore jusqu'où ils pourront s'étendre quelque jour.

129. Si l'on veut généraliser les services importans et multipliés que le fer rend à la société sous sa forme métallique, on verra que, comme fonte, il sert à faire des planches, des tables, des vases, des mortiers, des canons, des cylindres, des corps de pompes, des volans, des roues, et quelquefois

les immenses machines dont il dirige les grands mouvemens, jusqu'aux clous minces qu'on fabrique en Angleterre et qu'on échange contre les richesses de l'Inde : depuis des ponts d'une assez grande dimension jusqu'à de petites agraffes minces, ce métal fusible, résistant, dur, et presque inaltérable dans le premier état de fusion, remplit une foule de conditions dans la vie sociale. Comme fer de toutes les sortes, cassant, roide, rouverain, doux, ductile, fibreux, il supporte, soutient une foule d'efforts, de chocs, de pressions, depuis les immenses tirans des grandes machines et les masses en barres qui accrochent et retiennent les pierres et les charpentes des grandes constructions, jusqu'aux fils minces qui raisonnent sous les doigts des musiciens, ou qui servent à faire des toiles métalliques : il prend toutes les formes, reçoit une série immense de modifications ; il est le grand mobile des machines ; il sépare, distingue et défend nos demeures ; il orne nos monumens ; il charme nos oreilles, et ajoute sans cesse à l'industrie, à la puissance et aux jouissances de l'homme ; enfin, dans l'état d'aciers si diversifiés, protée métallique, on l'emploie à mille usages importans, depuis l'aiguille fine et mobile qui règle la marche des navigateurs, et les ressorts délicats qui meuvent et régularisent nos montres et nos gardes-temps ; depuis les puissans ressorts qui suspendent et balancent nos voitures suspendues, jusqu'aux joyaux de luxe qui brillent d'un éclat et d'un poli si vifs ; depuis le soc utile qui creuse nos sillons, jusqu'aux simples couteaux qui servent à couper la plupart des corps usuels ; depuis ces chef-d'œuvres de gravure qui se multiplient par la pression du balancier sur les métaux eux-mêmes, jusqu'aux aiguilles à coudre. Il est donc regardé avec raison comme l'ame de tous les arts, et il occupe des millions de bras chez les peuples policés, dont il atteste sans cesse le génie, l'industrie, en multipliant leurs jouissances.

130. Si l'on considère ses différens états dans le sein de la

terre, on le verra encore servir sous des formes variées, presque sans apprêt et sans préparation préliminaire. Ici on l'exploite comme aimant, qu'on arme et qu'on fortifie par le secours de la physique ; là on l'enlève dur, quartzeux, et portant alors le nom d'émeril, pour l'employer, après l'avoir broyé à l'aide de meules, à user et à polir les substances les plus dures et les plus réfractaires sous la main de l'ouvrier qui les presse. Plus loin, on l'extrait sous l'apparence de terres nuancées de mille couleurs, pour en enrichir la palette du peintre, et le voir bientôt s'animer et respirer sur la toile : dans d'autres lieux, on le tire des entrailles de la terre pour en tailler des crayons rouges, pour le délayer en mortier durable, pour en décorer les allées des jardins de diverses nuances de sable ; quelquefois on l'arrache aux montagnes avec les propriétés douces, onctueuses, friables, brillantes, et je dirais presque lubréfiantes en même temps, avec la grande inaltérabilité que l'on reconnaît dans le carbure de fer natif, pour adoucir le mouvement des rouages, tracer des lignes et des dessins sur le papier, recouvrir et défendre les instrumens de fer de la rouille, soit en les frottant avec sa simple poussière, soit en les enduisant chauds d'une espèce d'onguent décrit par Homberg en 1699 et préparé avec huit livres d'axonge, quatre onces de camphre et quantité suffisante de ce carbure. Il sert encore dans le dernier état à lisser et noircir le plomb de chasse ; il constitue la presque totalité des creusets de Passaw en Saxe, et une partie de l'enduit des cuirs à rasoirs ; il sert de couverte à quelques poteries, etc.

131. En chimie et en médecine, le fer n'est pas moins recommandable. On a déja vu, dans les détails précédens, toutes les expériences auxquelles il est employé, tous les produits qu'il donne, tous les phénomènes qu'il fait naître. Les médecins en tirent des remèdes importans et des secours bien utiles dans le traitement des maladies. C'est peut-être le seul métal parmi ceux qui ont une activité médicamenteuse quel-

conque, qu'on ne doive pas ranger dans la classe des poisons; il semble même, comme je l'ai déja indiqué, avoir une espèce d'analogie avec l'économie animale : il stimule les fibres organiques, il augmente leurs mouvemens ; il fortifie sensiblement l'énergie musculaire ; il excite l'excrétion urinaire ; il provoque les hémorrhoïdes et le flux menstruel ; il multiplie et accélère le cours du sang ; il passe dans les voies de la circulation, se combine avec le sang, lui donne plus de couleur et de consistance ; il irrite les parois des canaux qui le transportent ; on l'a reconnu dans l'urine des malades qui en ont fait pendant quelque temps usage : il resserre comme les astringens ; il convient dans toutes les maladies d'atonie et de langueur. On l'emploie spécialement porphyrisé, en oxide noir très-divisé, en carbonate de fer artificiel sec ou dissous dans les eaux, en teinture martiale alcaline, en fleurs ammoniacales martiales, en oxide précipité et redissous par le carbonate d'ammoniaque : quelques oxides et quelques sels, sur-tout le sulfate et le muriate de fer, sont appliqués à l'extérieur comme astringens et desséchans. On a cherché même dans le fer aimanté des propriétés dont on ne connaît cependant encore ni la cause ni les véritables effets. On a prétendu qu'appliqué sur la peau l'aimant calmait les douleurs, appaisait les convulsions, excitait la rougeur, la sueur, rendait même moins fréquens les accidens épileptiques ; on a dit que, trempé dans l'eau pendant quelques heures, il lui communiquait la vertu purgative. Ces dernières propriétés paraissent avoir été attribuées au fer plutôt par l'enthousiasme que par une observation exacte, sur-tout dans des maladies que leur propre nature rend variables et inconstantes.

ARTICLE XIX.

Du cuivre.

A. *Histoire.*

1. Le cuivre se trouve dans la classe des métaux qui ont été le plus anciennement connus ; il paraît avoir été employé par les hommes dès le premier âge du monde : de tous les temps il a été un des plus faciles à extraire et à travailler ; sa découverte se perd dans les époques fabuleuses. Les Egyptiens l'employaient à un grand nombre d'usages, et en faisaient des figures coulées, d'une forme déja remarquable, dans les temps les plus reculés de leur histoire. Les Grecs le travaillaient, le fondaient, le coulaient, et s'en servaient dans beaucoup d'arts ; il faisait chez eux la base des fameux alliages de Corinthe. Les Romains l'ont aussi travaillé en grande quantité, et l'on a même cru que c'était toujours avec ce métal, et très-rarement avec le fer, qu'ils fabriquaient le plus grand nombre de leurs ustensiles. On a donné cette fabrication comme la preuve authentique qu'ils connaissaient peu, et qu'ils travaillaient mal le fer. J'ai déja fait voir ailleurs que cette ignorance des arts des Romains, et l'opinion qu'ils se servaient uniquement de cuivre et non de fer, est fondée sur ce que leurs instrumens et leurs machines du premier métal s'étaient rouillés, oxidés et détruits peu à peu dans la terre où ils ont été enfouis. Les alliages de cuivre que les Romains fabriquaient, à l'exemple des Egyptiens et des Grecs, étaient assez multipliés et destinés à une foule d'usages différens.

2. Les alchimistes se sont beaucoup occupés du cuivre ; ils l'ont nommé *Vénus*, à cause de sa grande facilité à se combiner à beaucoup de corps, et sur-tout aux autres métaux, et à cause de l'espèce d'adultération qu'il porte dans ces

alliages En le représentant par un emblème appartenant à l'or, terminé vers le bas par le signe de la croix, ils l'ont considéré comme principalement formé d'or, mais masqué et altéré par un âcre ou corrosif qui le rendait crud. Suivant eux, il ne s'agissait que d'en séparer cet âcre pour en obtenir l'or : aussi ont-ils fait un grand nombre de travaux dans cet esprit, et plusieurs se sont-ils vantés d'avoir réussi à le transmuer en or fin. La couleur de ce métal la plus rapprochée de celle de l'or devait naturellement faire naître l'opinion qu'ils s'étaient formée à cet égard : elle était encore fortifiée par les circonstances d'une foule de combinaisons métalliques où l'or prend la couleur du cuivre : aussi les alchimistes se sont-ils livrés à de grandes et pénibles recherches sur le cuivre ; aussi est-ce dans leurs livres que les premiers auteurs systématiques de chimie ont puisé les connaissances qu'ils ont disposées dans l'ordre plus ou moins méthodique d'où est née peu à peu la science.

3. On n'est pas moins redevable, pour les faits nombreux qu'ils ont fournis à l'exposition des propriétés du cuivre, d'un côté, aux minéralogistes et aux métallurgistes dont les opérations multipliées ont beaucoup servi aux méthodistes, et de l'autre, aux pharmacologistes qui, en cherchant à tirer quelque parti de l'âcreté même de ce métal, et à convertir sa puissance vénéneuse en qualité médicinale, ou à enchaîner, en la modérant, son activité corrosive, ont décrit un grand nombre de produits et de combinaisons du cuivre. Ici, comme dans l'histoire de la plupart des autres métaux, les premiers et les principaux historiens de la science chimique ont puisé dans cette triple source des alchimistes, des mineurs et des médecins, pour composer l'ensemble des caractères distinctifs et des composés divers du cuivre. Malgré les grandes recherches faites sur ce métal, il n'y a pas d'auteurs encore qui aient écrit *ex professo* sur le cuivre, et qui aient compris l'ensemble de ses propriétés dans des traités monographiques.

4. Quoiqu'on ne puisse pas trouver, dans les diverses époques de la grande révolution qui vient de changer la face de la chimie, de recherches sur le cuivre qui tiennent immédiatement aux fastes de cette révolution, et qui aient servi à en poser les fondemens; ce métal tient cependant un rang parmi les corps dont les propriétés ont été mieux connues, et dont les modifications ont été plus exactement déterminées depuis l'établissement de la doctrine pneumatique. On doit sur-tout placer dans cette classe de propriétés, exactement expliquées par la théorie moderne, ses divers degrés d'oxidation, ses dissolutions dans les acides, dans l'ammoniaque, ses précipitations depuis l'état métallique jusqu'à sa plus forte oxidation, ses réductions par divers procédés. Les travaux des citoyens Berthollet et Guyton, et ceux de M. Proust ont sur-tout contribué à la connaissance exacte de ces derniers faits. La connaissance de ce métal est devenue beaucoup plus complète et beaucoup plus simple depuis l'existence des nouvelles découvertes. Il n'est pas nécessaire de faire remarquer qu'on a renoncé entièrement, dans le langage de la science, à la dénomination ridicule de *Vénus*, et qu'on ne la conserve guère que pour quelques préparations dont on se sert dans les arts, où les nomenclatures systématiques et régulières sont si longues à parvenir et à être adoptées.

B. *Propriétés physiques.*

5. Le cuivre est un métal très-brillant, très-éclatant, d'un aspect riche, d'une couleur rouge ou rose, qui ne ressemble à celle d'aucune autre substance métallique. Si l'or l'imite dans quelques alliages, c'est au cuivre lui-même qu'il la doit, et son éclat cède à celui de ce dernier qui l'emporte beaucoup sur le sien : aussi le cuivre était-il recommandable parmi les alchimistes; ils y trouvaient une propriété teignante dont ils faisaient le plus grand cas, et qui influe en effet sur presque tous les alliages, comme on le verra plus bas.

6. La densité du cuivre est telle que sa pesanteur spécifique est à celle de l'eau : : 7.788 : 1.000. Cette pesanteur varie cependant, suivant l'état de ce métal ; lorsqu'il n'a été que fondu et coulé, elle est moindre que quand il a été battu et forgé : et tel est celui dont j'ai indiqué la pesanteur. Le cuivre écroui et passé à la filière, ou dont les molécules sont très-serrées les unes contre les autres, donne au contraire, pour sa pesanteur spécifique 8.878 : ce qui fait une augmentation de $\frac{1}{7}$ environ ; et le cuivre natif cristallisé a présenté au citoyen Haüy une autre pesanteur moyenne de 8.584.

7. La dureté du cuivre est assez considérable ; il tient presque le troisième rang par cette propriété dans l'ordre des métaux ; il en est à peu près de même de son élasticité. Sa ductilité le fait placer au sixième rang des métaux, par le citoyen Guyton, entre l'étain et le plomb. On peut en faire des lames ou des feuilles extrêmement minces, et que le vent emporte. Sa ténacité est également assez grande : un fil de cuivre d'un dixième de pouce de diamètre soutient un poids de 299 $\frac{1}{4}$ sans se rompre. Sa fermeté ou sa résistance au brisement a été estimée par Wallerius presqu'égale à celle du fer. Sa qualité sonore l'emporte même sur celle de ce dernier métal, comme on le prouve par une corde du même diamètre et de la même longueur qu'une de fer.

8. On n'a point estimé très-exactement sa conductibilité pour le calorique, quoiqu'on sache qu'elle est très-grande. J'ai dit, à l'article du fer, quel est le degré de sa dilatabilité comparée ; il ne se fond que quand il est bien rouge. Sa fusibilité a été estimée par Mortimer au 1450 degré du thermomètre de Fahrenheit, et par le citoyen Guyton à 27 degrés du pyromètre de Weedgwood. Quand il est fondu, et qu'on le coule dans des lingotières pour le faire refroidir promptement, il prend un tissu grenu et poreux, qui se présente comme une espèce de *mie* dans sa cassure, et qui est sujette à offrir beaucoup de cavités et de soufflures dans son intérieur. S'il

se refroidit lentement, il donne des cristaux en pyramides quadrangulaires ou en octaèdres qui proviennent du cube, sa forme primitive. A une température élevée au-dessus de celle qui est nécessaire pour sa fusion, il s'élève en vapeur et en fumée visible, comme on le reconnaît dans les lieux où l'on fond en grand ce métal, et dans les cheminées sous lesquelles sont établis ces fourneaux.

9. Le cuivre est très-bon conducteur de l'électricité et du galvanisme; on n'a point encore déterminé exactement l'ordre et l'espèce de force comparée dans cette propriété à celle des autres substances métalliques : tout le monde connaît l'odeur âcre, un peu fétide, qui distingue et caractérise assez sensiblement le cuivre pour le faire reconnaître. On sait qu'il suffit de frotter quelque temps les mains sur ce métal pour qu'elles contractent cette odeur cuivreuse, à laquelle on a même comparé quelques autres phénomènes d'odoration, sur-tout celui des *rhumes de cerveau*. Cette ténacité et cette communication de l'odeur par le plus léger frottement et le plus simple contact de la peau, prouvent que le cuivre s'use et s'attache aisément à cet organe, et que l'air qui le touche ou qui l'environne en dissout sans cesse une petite couche qu'il porte ensuite en vapeur dans les narines et sur les nerfs olfactifs. Sa saveur âpre et désagréable est également connue de tous les hommes, ainsi que sa propriété vénéneuse et délétère pour l'économie animale. Il excite le vomissement, et il répugne à tous les animaux.

C. *Histoire naturelle.*

10. Le cuivre est assez abondamment répandu dans la nature; l'Allemagne, la Suède et la Sibérie sont cependant les trois pays où on l'a trouvé jusqu'ici en plus grande quantité, et qui en fournissent le plus au commerce et aux arts. Les états de ce métal dans la terre sont si diversifiés dans leur aspect et dans leurs propriétés physiques, que les minéralo-

gistes en ont singulièrement multiplié les espèces; quelques-uns en ont reconnu de 15 à 20, tandis qu'il est difficile d'en compter 9 à 10 réellement différentes les unes des autres par leur nature. Ce qu'ils ont pris pour des espèces ne sont que des variétés. La méthode que j'ai établie et suivie jusqu'ici pour classer les mines mettra cette vérité hors de doute. J'exposerai, suivant cette méthode, les divers états du cuivre natif, de ses alliages, de ses combinaisons avec des combustibles autres que les métaux, de ses oxides et de ses sels.

11. Le cuivre natif se rencontre assez communément dans l'intérieur de la terre; il y est même très-pur : on le reconnaît à son brillant, à sa couleur rouge, à sa ductilité, et à sa pesanteur spécifique. Le plus souvent sa surface est d'un rouge obscur, terne et brun, à cause de la légère oxidation qu'il a éprouvée; quelquefois on le trouve éclatant, et comme s'il avait été bruni ou avivé : celui-ci est beaucoup plus rare que le premier. Sa forme est souvent cristalline et régulière; celui de Sibérie offre distinctement la forme cubique. Le citoyen Haüy a distingué, parmi les principales variétés de cette forme, le solide cubo-dodécaèdre, ou le cube à douze facettes marginales, qui, étant prolongées jusqu'à se rencontrer, produiraient le dodécaèdre rhomboïdal. Souvent on rencontre le cuivre natif en lames, en filets, en octaèdres, en végétations, en grains irréguliers, en cheveux, en feuilles de fougère et en figures plus ou moins rapprochées de celles d'autres substances naturelles. On distingue encore le cuivre de cémentation, déposé en lames très-plates, ou en feuillets très-minces, formés de beaucoup de petits grains adhérens les uns aux autres, et séparés d'une dissolution naturelle de sulfate de cuivre par le fer que cette dissolution a rencontré dans l'intérieur de la terre. Les lieux où l'on observe le plus fréquemment le cuivre natif sont la Sibérie, Norberg en Suède, Newsol en Hongrie, Saint-Bel près Lyon : presque toutes les mines de cuivre abondantes en contiennent.

12. On ne connaît encore que peu de circonstances naturelles où le cuivre soit allié à d'autres métaux, et sur-tout où sa proportion soit telle qu'on puisse rapporter les espèces d'alliages à l'histoire du cuivre lui-même ; il n'y a guère encore que l'or et l'argent qu'on trouve ainsi unis au cuivre ; mais alors la quantité des deux premiers l'emportant beaucoup sur celle de celui-ci, ces morceaux appartiennent plus à l'histoire naturelle de ces deux métaux qu'à celle du cuivre. On peut donc dire qu'on ne connaît pas encore de véritables alliages cuivreux qu'on doive placer ici.

13. Les combinaisons naturelles du cuivre avec d'autres substances combustibles que les métaux n'existent encore que dans le sulfure de cuivre. On ne connaît pas exactement encore la nature comparée, et conséquemment la véritable différence et le nombre des espèces de mines de cuivre sulfureuses qu'il serait nécessaire d'admettre et de distinguer les unes des autres. Cela vient de ce qu'il paraît que ces mines sont très-variées, soit par la proportion du soufre et du cuivre, soit par la proportion et par le nombre des autres métaux qui leur sont souvent associés. Le fer y est presque toujours réuni ; souvent il y existe de l'argent, quelquefois on y trouve de l'arsenic et de l'antimoine. Comme, d'un autre côté, ce sont-là les mines de cuivre qu'on exploite le plus communément, et comme les mineurs les distinguent entre elles en un grand nombre d'espèces, suivant la quantité et la nature du métal qu'elles donnent, suivant la différence d'exploitation qu'elles exigent, suivant les phénomènes qu'elles présentent dans leurs traitemens : de là vient l'incertitude et la diversité de méthode qu'on remarque parmi les minéralogistes, ainsi que le nombre très-varié de ces mines qu'ils ont adopté. Dans cet état de vague et d'arbitraire, sur lequel l'analyse chimique ne permet point encore de prononcer positivement, je reconnais, avec le citoyen Haüy, trois espèces, sinon bien déterminées encore, au moins bien distinctes entre elles, de

sulfure de cuivre natif ; celles qu'il nomme *cuivre pyriteux*, *cuivre gris* et *cuivre sulfuré*. Je vais en indiquer successivement les propriétés caractéristiques.

14. Le cuivre pyriteux était nommé *pyrite cuivreuse* ou *mine de cuivre jaune* par les minéralogistes. On le regarde en général comme du cuivre avec beaucoup de fer minéralisé par le soufre. C'est ainsi que l'ont considéré Cronstedt, Bergman et Deborn, qui l'ont ainsi rapproché du sulfure de fer, avec lequel on ne sait même encore s'il ne sera pas nécessaire de confondre quelque jour le cuivre pyriteux. Le citoyen Haüy se demande à cette occasion si cette mine de cuivre n'est pas un sulfure de fer mélangé de cuivre, si ce dernier métal n'y est pas dans une véritable combinaison triple avec le soufre et le fer. Romé-Delisle, l'un des plus habiles minéralogistes que la France ait possédés, donnait, pour caractère distinctif de la pyrite cuivreuse, sa forme tétraèdre, qui, dans une de ses variétés, présentait une troncature de ses quatre angles, ou leur interception par autant de facettes triangulaires, mais laissait ainsi la forme tétraédrique toujours très-prononcée. Cependant le citoyen Haüy observe qu'on trouve quelquefois la même pyrite cuivreuse sous la forme d'octaèdre très-régulier ; et dès-lors cette forme se retrouvant dans le sulfure de fer natif, la ligne de démarcation entre les deux mines disparaît, et leur différence réelle n'est plus établie. La couleur plus jaune dans le cuivre pyriteux n'est point non plus une distinction suffisante, puisqu'elle varie avec la quantité du cuivre. Voilà pourquoi j'ai adopté le nom de cuivre pyriteux, qui ne préjuge rien, et qui a été donné à cette mine par le citoyen Haüy, à cause de la connaissance encore incertaine qu'on en a. On distingue plusieurs variétés de mines pyriteuses de cuivre, à raison de leur couleur : la mine *de cuivre tigrée*, la mine *à queue de paon*, ect.

15. Le cuivre gris du même minéralogiste est *la mine de cuivre grise tenant argent*, ou même *la mine d'argent grise* des

auteurs qui l'ont précédé dans cette carrière. C'est le *fahlertz* des Allemands. Tous les mineurs la rapportent aux mines d'argent, à cause de la quantité de ce métal précieux qu'ils en retirent. Cette mine varie tellement dans les proportions des métaux qu'elle contient, qu'on pourrait indistinctement en apparence, mais très-distinctement pour chaque variété, la ranger parmi celles d'antimoine ou parmi celles d'argent. Elle a cependant quelques caractères généraux qui ont décidé la plupart des minéralogistes à la rapporter aux mines de cuivre; elle est d'une couleur grise, peu brillante, quoique métallique; son tissu est raboteux et grenu; on y trouve quelquefois des lames polies parallèles aux faces du tétraèdre; sa poussière, détachée par la lime, est noirâte, avec une teinte rouge; elle a quelquefois à l'extérieur l'éclat de l'acier poli; souvent cependant elle est terne et livide. Romé-Delisle en a distingué quinze variétés de formes toutes dépendantes du tétraèdre, qui est sa figure primitive. On y trouve, d'après la comparaison de quelques analyses modernes, sept substances métalliques; savoir, le cuivre, l'argent, le fer, l'antimoine, l'arsenic, le mercure, et l'or uni au soufre, sans y comprendre un peu d'alumine : mais il y a lieu de croire que la plupart de ces métaux ne sont qu'accessoires ou accidentels au cuivre, à l'antimoine et au soufre, dont les trois proportions ont été trouvées les plus constantes dans les diverses analyses modernes comparées; en sorte qu'il paraît qu'on peut la regarder comme un composé principal de ces trois corps.

M. Klaproth a trouvé dans le cuivre gris de Cremnitz les matières et les proportions suivantes :

D'antimoine.	34.
Cuivre.	31.
Argent.	14.
Soufre.	11.
Fer.	3.

Il y a eu 7 de perte.

Deborn ajoute que M. Savaresi y a trouvé de l'or et du mercure.

M. Napion a donné, en 1791, dans les Mémoires de Turin, une analyse du cuivre gris de la vallée de Lanzo, d'où il a tiré :

Antimoine	36.9.
Cuivre	29.3.
Soufre	12.7.
Fer	12.1.
Arsenic	4.0.
Alumine	1.1.
Argent	0.7.

Et 3.2 de perte.

16. Le *cuivre sulfuré* du citoyen Haüy est la mine de cuivre vitreuse de Deborn, qui lui donne pour caractère de ne contenir que du cuivre et du soufre et point de fer, quoique Bergman prétende qu'il est rare qu'il n'en contienne pas un peu. Il est gris, couleur de fer, légèrement teint en rouge ou en bleu, compact, et néanmoins susceptible d'être entamé par le couteau. On assure que malgré le peu de soufre que cette mine contient, elle est fusible à la lumière d'une chandelle. Deborn ajoute à cette description de Wallerius, qu'on trouve le plus souvent ce cuivre sulfuré en parties isolées adhérentes à d'autres espèces de mines de cuivre. On a dit encore que ce sulfure de cuivre était souvent en cristaux isolés octaédriques.

17. Quoique toutes les autres mines de cuivre dont il me reste à parler contiennent également ce métal à l'état d'oxide, ce n'est pas comme oxides purs de ce métal que je dois les présenter dans ma méthode; et à cette classe des oxides de cuivre natif, je ne puis rapporter que deux espèces : savoir, l'oxide de cuivre brun, et l'oxide de cuivre vert. Le premier, que le citoyen Haüy appelle *cuivre oxidé rouge*, qui est *la*

mine de cuivre vitreuse rouge de Delisle, et que Deborn désigne mal à propos sous le nom de *carbonate de cuivre rouge*, puisqu'il se dissout dans les acides sans effervescence et sans dégager de gaz acide carbonique. Sa couleur est rouge plus ou moins vive ; sa cassure lamelleuse avec un éclat métallique sur la surface de ses lames. Il cristallise en petits octaèdres brillans, très-réguliers, qui se divisent parallèlement à leurs faces, ou en petits filamens capillaires, d'une belle couleur rouge. Quelquefois ses octaèdres sont enduits de malachite ou de carbonate vert de cuivre. On voit aussi quelques morceaux de cette mine d'un rouge grisâtre ou d'une couleur noirâtre, et c'est ce qui avait fait penser à Romé-Delisle que la mine de cuivre vitreuse grise n'était qu'une altération du cuivre vitreux rouge.

18. L'oxide de cuivre vert que le citoyen Haüy nomme cuivre suroxigéné vert, est le sable de cette couleur que Dombey a rapporté du Pérou. Il est mélangé de fragmens fins de quartz blanc, gris, rougeâtre ; il contient aussi du muriate de soude, et c'est à ce sel décomposé à chaud qu'on doit l'acide muriatique oxigéné que donne ce sable, quand on le distille dans une cornue. Jeté au milieu de la flamme, il lui communique une belle couleur verte ; il est dissoluble dans tous les acides.

19. Les sels natifs de cuivre peuvent être rapportés à trois espèces bien distinctes ; savoir, le sulfate de cuivre, le carbonate de cuivre bleu et le carbonate de cuivre vert. Le premier se distingue par sa forme de parallélipipède obliquangle, qui est la primitive, par une couleur bleue claire et par une poussière grise bleuâtre qui recouvre souvent sa surface, par sa saveur âpre et astringente, par sa dissolubilité dans l'eau. On le trouve souvent en dissolution, et cette eau sulfurique cuivreuse naturelle sert à donner du cuivre en y plongeant des morceaux de fer : c'est ce qu'on nomme cuivre de cémentation. Il faut observer que le sulfate de cuivre et le sulfate de

fer sont les seuls sels qui aient une couleur essentielle à leur nature.

20. Le carbonate de cuivre bleu est nommé, dans la plupart des minéralogies, *azur de cuivre*, *cristaux d'azur*, *chrysocolle bleue*. On l'a cru faussement formé par l'ammoniaque, ou un simple oxide de cuivre. Fontana a reconnu le premier qu'il contenait de l'acide carbonique. Pelletier en a fait une analyse exacte, et y a trouvé les proportions et la nature suivantes :

Cuivre pur.	66 à 70.
Acide carbonique . .	18 à 20.
Oxigène	8 à 10.
Eau	2. . . .

Le feu en chasse l'acide carbonique ainsi que les acides plus forts que ce dernier. Tous les acides et l'ammoniaque le dissolvent promptement; les premiers le font passer au vert, et l'ammoniaque augmente encore l'intensité de sa couleur bleue. Les cristaux de l'azur de cuivre sont trop petits pour qu'il ait encore été permis d'en examiner la structure. Il y a une variété de ce carbonate bleu qui est sous la forme d'efflorescence ou d'une simple terre ; on la nomme *bleu de montagne* ou *cuivre bleu terreux*. On trouve très-souvent cette seconde variété avec l'une de celles de l'espèce suivante. On a aussi rapporté à cette espèce les *turquoises* ou les os fossiles bleus que Réaumur a dit être colorés par du cuivre, et la *pierre d'Arménie* que M. Kirwan dit être du carbonate ou du sulfate de chaux coloré par le cuivre. L'une et l'autre perdent leur couleur par l'action du feu, lorsqu'il est assez fortement poussé.

21. Le carbonate de cuivre vert, ou le carbonate de cuivre suroxigéné très-reconnaissable par sa couleur, présente trois principales variétés ; le terreux, nommé *vert de montagne*, celui qui est cristallisé en aiguilles brillantes fines et serrées les unes contre les autres, et qu'on nomme *cuivre soyeux*; enfin celui qui, déposé à la manière des stalactites, forme

la *malachite*. Ces trois variétés ne sont toutes que du pur carbonate de cuivre, où ce métal est plus oxidé que dans la mine précédente. Toutes trois ne diffèrent entre elles que par les circonstances de leur formation. Elles donnent également de l'acide carbonique par l'action du feu et des acides plus forts ; elles se convertissent facilement en métal par le charbon, les huiles, et contiennent beaucoup de cuivre. Elles forment aussi des morceaux plus ou moins précieux pour les collections minéralogiques.

D. *Essais et métallurgie.*

22. Quoiqu'il paraisse assez facile au premier aspect de faire l'essai ou plutôt de réduire les mines de cuivre par la voie sèche à cause de la fusibilité de ce métal ; cette opération est cependant une de celles qui donnent le résultat le moins exact, ou qui exigent, si l'on veut en obtenir un sur lequel on puisse compter, le plus de procédés compliqués en raison des métaux étrangers à ce métal, et dont il est important de déterminer le nombre, la nature et la proportion, soit pour savoir en débarrasser le cuivre, s'ils sont susceptibles de l'altérer, soit pour apprendre à les en extraire et à en tirer tout le parti possible, si ce sont des métaux beaucoup plus précieux que lui. Or, il est difficile que le procédé de réduction que l'on a suivi jusqu'ici, donne à cet égard des connaissances suffisantes, soit pour éclairer sur la composition des mines de cuivre, soit pour fournir les moyens de les exploiter avec avantage.

23. On n'a point assez eu égard, dans la description des procédés propres à essayer les mines de cuivre, à la différence de ces mines ; et il est cependant facile de voir que les unes peuvent donner des résultats beaucoup plus certains que les autres : par exemple, les mines en oxides ou en carbonates, lorsqu'on les réduit à l'aide d'un flux alcalin et

charbonneux, donnent presque tout leur cuivre pur et sans déchet, parce que ne contenant ni soufre, ni le plus souvent d'autre matière métallique que celle qui leur est propre, et n'offrant à l'action du flux et du feu que le dégagement de leur acide volatil, la réduction de leur oxide et la fusion de la portion de terre ou de gangue qui les accompagne, elles ne sont susceptibles d'éprouver aucun genre d'altération par ces flux : mais il n'en est pas de même des mines sulfureuses, de quelque nature qu'elles soient d'ailleurs. Le soufre qu'elles contiennent s'unit facilement à l'alcali des flux, et le sulfure qui se forme ainsi dissout une partie du métal qu'elles contiennent. De là résultent deux inconvéniens qui rendent incertaine et inexacte la connaissance de ces mines, que le procédé de réduction par la voie sèche peut donner : l'un est que la partie du cuivre retenue et dissoute par le sulfure diminue la quantité de celui que l'on obtient, même dans une proportion considérable, parce que, comme on le verra dans un moment, la dose de fondant alcalin recommandée par les auteurs est assez grande pour dissoudre beaucoup de ce métal ; l'autre consiste en ce que le cuivre réduit, retenant avec lui presque tout l'argent qui souvent est contenu dans les mines, et le présentant dans les essais ultérieurs, indique alors à l'opérateur une plus grande proportion de ce métal précieux qu'il n'y en a réellement dans la mine entière et primitive. Enfin la réduction et la fonte par la voie sèche ne peuvent pas servir à estimer la quantité du soufre, non plus que celle des métaux étrangers, de l'antimoine et du fer, qui se trouvent si souvent dans les mines de cuivre sulfureuses, grises ou jaunes, et qui fournissent un cuivre aigre et impur. La description de l'essai par la voie sèche, donnée par les principaux auteurs docimastiques, va prouver ces assertions jusqu'à l'évidence.

24. Pour faire cet essai, après avoir pilé et lavé la mine, on recommande de la soumettre à des grillages longs et répétés, pour la diviser, l'attendrir et en séparer le soufre. On la

fond ensuite avec quatre fois son poids de flux noir et un peu de muriate de soude : le métal que l'on extrait, ainsi précipité au fond du creuset, est presque toujours plus ou moins sulfuré, cassant, gris ou au moins brun mat et loin d'être du beau rouge du cuivre. On conseille néanmoins de le fondre avec quatre parties de plomb et de passer ensuite cet alliage à la coupelle, pour en obtenir l'argent et l'or qu'il peut contenir, et dont on cherche sur-tout à déterminer la présence et la quantité; mais cette opération est très-difficile, et ne résusit presque jamais complétement. Tillet, qui a reconnu les inconvéniens de ce procédé, avait proposé un autre fondant non susceptible de retenir le métal, et qui était composé de deux parties de verre pilé, d'une partie de borax calciné et d'un huitième de charbon.

25. Ce que j'ai exposé des défauts de cette réduction par par la voie sèche, et l'extrême différence qui existe entre ce procédé inexact et une véritable analyse docimastique, rendent plus nécessaire ici qu'ailleurs la description des moyens de dissolution recommandés par Bergman dans sa Dissertation sur la docimasie humide. Cet habile chimiste les a variés suivant l'espèce et la nature de ces mines : il a conseillé de dissoudre le cuivre natif dans l'acide nitrique. L'or, s'il s'y en trouve, reste au fond du dissolvant en poudre noire non dissoute; s'il tient de l'argent, il prescrit de le précipiter par du cuivre, qui, ayant en effet plus d'attraction pour l'oxigène que n'en a l'argent, désoxide sur-le-champ ce métal, et le sépare en poussière métallique. Quant au fer, en faisant bouillir un peu plus long-temps la dissolution et en évaporant à siccité, puis en faisant redissoudre, le nitrate de cuivre passe dans l'eau, et l'oxide de fer reste en poudre rouge sans se dissoudre.

26. Voici comment il conseille de traiter les sulfures de cuivre. On les pulvérise; on les fait bouillir dans cinq parties d'acide sulfurique concentré; on évapore jusqu'à siccité et on lave

le résidu dans l'eau chaude jusqu'à ce qu'on ait enlevé tout ce qu'il y a de sel métallique. La dissolution étendue suffisamment, on y plonge d'abord une lame de cuivre qui précipite l'argent, et ensuite une lame de fer bien nette; on fait bouillir avec cette dernière jusqu'à ce qu'il ne se précipite plus rien. Le cuivre précipité ainsi est séché à un feu doux et non capable d'en favoriser l'oxidation, qui en augmenterait le poids. Si l'on craint que du fer ne soit mêlé au cuivre, on le redissout dans l'acide nitrique, et on opère sur cette seconde dissolution comme il a été dit pour le cuivre natif. Dans ce procédé, Bergman remarque que le soufre se dissipe tout entier en vapeur, à cause de la chaleur violente qu'on emploie pour évaporer à siccité la dissolution sulfurique; mais d'une part le poids du soufre est donné par celui des autres matières que l'on obtient; d'une autre part, on peut faire une dissolution séparée d'une partie de la même mine dans l'acide nitro-muriatique pour isoler, recueillir et apprécier le soufre en particulier.

27. En parlant des mines en oxide rouge, bleu ou vert, qu'il dit être très-bien et tout entiers dissolubles dans l'acide nitrique et même dans les acides en général, il indique d'en précipiter le cuivre par le fer ou par le carbonate de soude: dans ce dernier moyen, cent quatre-vingt-quatorze parties de précipité représentent, suivant lui, cent parties de cuivre. Si ces mines contiennent du carbonate de chaux, il conseille de précipiter leur dissolution par un carbonate alcalin, après en avoir séparé la portion métallique par le prussiate de potasse. Le sulfate de cuivre natif doit être essayé par le fer. Enfin, Bergman parle d'un muriate natif de cuivre d'un bleu tirant au vert, friable, dissoluble avec effervescence dans l'acide nitrique, donnant une dissolution verte, précipitant en caillé blanc le nitrate d'argent. Il est vrai qu'il confondait l'oxide vert d'urane avec le muriate de cuivre, et qu'on peut penser que le morceau du cabinet d'Upsal n'était pas davantage du véritable muriate de cuivre.

28. Le travail métallurgique que l'on fait sur les mines de cuivre pour en extraire ce métal pur, et en séparer les autres métaux qui lui sont unis, est aussi difficile à décrire et à bien faire concevoir, qu'il l'est à exécuter. La plupart des hommes jouissent sans cesse des propriétés de ce métal sans se douter de la peine qu'il a exigée pour son extraction. Après avoir pilé et lavé avec plus ou moins de soin la mine de cuivre sulfureuse, la plus commune et la plus difficile à exploiter, on la grille d'abord à l'air et presque sans bois, parce que dès que le soufre qu'elle contient est une fois allumé, il continue de brûler spontanément et sans qu'il soit nécessaire de lui fournir pour aliment ou pour auxiliaire d'autres matières combustibles. Lorsqu'elle est éteinte par la diminution et non pas, comme on le pourrait croire, par la destruction de son soufre, on la grille de nouveau en ajoutant alors du bois pour lui communiquer une plus grande chaleur que celle qu'elle a produite spontanément dans son premier grillage : on recommence deux fois de suite au moins cette seconde espèce de grillage. Ensuite on la fond à travers les charbons et l'on donne à cette fonte le nom de *matte*, parce que ce n'est point encore du cuivre ; elle n'en a ni la couleur, ni le brillant, ni le grain, ni sur-tout la ductilité : sa couleur est brune, noirâtre ou rouge foncée ; son aspect est comme vitreux, et son tissu très-cassant ; c'est en un mot la mine qui n'a encore perdu qu'une partie de son soufre. La fusion qu'on lui fait subir sert à faire présenter au métal de nouvelles surfaces, et à favoriser les nouveaux grillages dont elle a encore besoin. On lui en fait de suite éprouver encore six ou sept successifs, plus ou moins, suivant la nature de la mine, sa dureté, la quantité du soufre qu'elle contient ; et alors une nouvelle fusion fournit ce qu'on nomme le *cuivre noir*. Cette fois, la matière commence à être malléable ; il y reste cependant une portion de soufre qui ne s'en sépare que par les opérations successives auxquelles on le soumet pour en extraire les autres métaux qu'il

contient. On allie le cuivre avec trois fois son poids de plomb, ce qui s'appelle *rafraîchissement du cuivre;* on donne à cet alliage la forme de pains aplatis, qu'on nomme *pains de liquation.* On les place de champ au-dessus de deux plaques de fonte posées au haut d'un fourneau, et inclinées entre elles de manière qu'elles laissent une rigole ouverte dans leur partie inférieure. Des barres de fer situées horizontalement sur ces plaques de fonte soutiennent les pains d'alliage dans leur position verticale. Le fourneau terminé par cet appareil est nommé *fourneau de liquation*; son fond va en pente sur le devant. Le feu qu'on y allume échauffe peu à peu les pains de cuivre argentifère allié de plomb : ce dernier métal qui y est surabondant se fond et tombe en gouttes par la rainure des plaques à travers les charbons sous lesquels il se rassemble en vertu d'une attraction chimique; il entraîne avec lui l'argent qu'il enlève au cuivre, et laisse ce métal seul et assez pur : c'est à cause de cette fusion lente du plomb ajouté au cuivre tenant argent, que l'opération est désignée par le nom *de liquation.* Le plomb chargé de l'argent est ensuite soumis à la coupellation pour en extraire ce métal précieux, comme je le dirai plus en détail dans l'histoire de ce dernier. Quant au cuivre qui reste en morceaux irréguliers, ramollis, informes, boursouflés au haut du fourneau de liquation, après la séparation du plomb chargé d'argent, on le purifie ou on le raffine en le faisant fondre dans de grands creusets; on l'y tient fondu un temps suffisant pour qu'il puisse rejeter, sous la forme d'écume ou de scories, tout ce qu'il contient d'étranger. On l'essaie de temps en temps en y trempant des baguettes de fer qui emportent un peu de cuivre, et on juge de l'état d'affinage de celui-ci par sa couleur, son grain ou sa mie, et sa ductilité. Quand ces propriétés annoncent qu'il est suffisamment pur, on le coule en plaques ou en tables, ou on le débite en lames arrondies irrégulières, qu'on nomme *rosettes.* Voilà pourquoi on dit si souvent du cuivre de rosette

quand on veut parler de ce métal pur. Pour fabriquer les rosettes ou débiter le cuivre fondu sous cette forme, on enlève avec soin les scories qui recouvrent le cuivre en fusion dans le creuset ; on laisse figer la surface de ce métal ; lorsqu'elle est solide, on passe dessus un balai humide qu'on y promène rapidement. Le contact de l'eau froide fait resserer sur elle-même la portion solidifiée mais encore molle du cuivre, qui s'élève dans son milieu, se retire vers ses bords de la surface du creuset, et se détache alors très-facilement, non seulement des parois de ce vaisseau, mais de la partie liquide du cuivre : on enlève alors cette partie soulevée, arrondie et comme festonnée sur ses bords, sous le nom de *rosette*. On continue de la même manière à débiter ainsi en rosettes la plus grande partie du cuivre contenu dans le creuset. On regarde la portion qui reste au fond de ce vaisseau comme la plus pure. La seule fusion long-temps continuée sert à purifier le cuivre.

29. Il y a quelques mines de cuivre, et spécialement celles qui sont extrêmement sulfureuses, qu'on traite d'une autre manière pour en obtenir le sulfate de cuivre par l'efflorescence qu'elles subissent à l'air et à l'aide de l'eau dont on les arrose. Dans quelques lieux, comme à Saint-Bel, pour séparer du soufre de ces mines, on les grille et on les chauffe dans des vaisseaux fermés. Une partie du soufre brûlé dans cette opération forme de l'acide sulfurique qui s'unit au cuivre oxidé ; ce qui reste de soufre brûle ensuite lentement par son exposition à l'air, et toute la masse de la mine se convertit en sulfate de cuivre qu'on en retire par le lavage dans l'eau.

E. *Oxidabilité par l'air.*

30. Le cuivre exposé à l'air froid et sur-tout humide, y perd promptement son éclat ; il se ternit, devient brun mat, se fonce peu à peu, prend la couleur qu'on nomme de bronze

antique, et finit par se couvrir d'une espèce de teinte verte assez brillante, que tout le monde connaît sous le nom de *vert-de-gris* ou *verdet gris*, comme le veulent quelques chimistes modernes. Cette combustion assez lente, et qui même, lorsqu'elle est assez avancée pour conduire le cuivre jusqu'à l'état d'oxidation en vert, ne pénètre jamais profondément, reste à la surface et la recouvre même d'un enduit solide qui défend le métal d'une altération successive, dépend, dans ce dernier état, de plusieurs effets compliqués. L'oxigène atmosphérique commence par oxider en brun la surface du métal; l'eau favorise et accélère cette oxidation. L'acide carbonique s'unit bientôt au cuivre ainsi oxidé: en sorte que l'espèce de vernis des médailles, des statues, des ustensiles antiques quelconques, vernis que les antiquaires prisent dans ces morceaux et qu'ils y nomment *patine*, n'est que du véritable carbonate de cuivre suroxigéné, fort analogue à la malachite ou au vert de montagne.

31. Cette altération du cuivre est bien plus forte et bien plus rapide quand on élève la température de ce métal. Tout le monde a pu remarquer avec quelle célérité les tuyaux de cuivre qui servent à conduire la fumée des poëles changent de couleur dès le premier moment qu'on les chauffe même légèrement avec le contact de l'air: ils prennent promptement une teinte blenâtre, orangée, jannâtre ou brune, qui finit par être en totalité d'un brun foncé égal dans toute leur surface. On obtient même ces différentes teintes très-belles, en exposant avec précaution sur les charbons les plaques ou les lames de cuivre minces, ainsi que celui qui est en feuilles légères. On fait par ce procédé des feuilles d'espèces de *clinquans* de diverses couleurs, qui sont spécialement employées pour recouvrir, après les avoir coupées en très-petits fragmens, les jouets d'enfans sur lesquels on les applique à l'aide d'une sorte de mordant ou de mastic qu'on y passe auparavant. Dans cette fabrication on remarque la succession du bleu, du

jaune, du violet et du brun : c'est aussi cette dernière nuance qui reste et qui est permanente.

32. Quand on fait rougir une lame ou une barre de cuivre dans l'air, elle se brûle beaucoup plus profondément ; elle s'oxide dans sa couche extérieure ; elle perd entièrement son brillant, devient d'une couleur brune foncée, et cette couche d'oxide brun n'adhère plus au métal. Aussi, quand on le laisse refroidir, on voit sa surface, lisse et polie auparavant, non seulement terne et obscure, mais encore inégale, raboteuse, ridée, cassante et susceptible de s'en détacher par la percussion. C'est ainsi qu'en frappant un morceau de cuivre, tenu rouge pendant quelque temps, il s'en détache des croûtes d'un oxide brun, connues sous le nom d'*écailles* ou de *batitures de cuivre*, sous lesquelles ce métal reparaît avec sa belle couleur rose. On obtient aisément cette espèce d'oxide pur en plongeant dans l'eau froide un morceau de cuivre bien rouge un grand nombre de fois de suite ; à chacune de ces opérations, l'eau froide condense et resserre subitement la pellicule d'oxide formée à sa surface, qui, poussée par ce resserrement subit, se brise, se détache en petits fragmens, et tombe en poudre grossière au fond de l'eau. En séchant cette poudre, en la passant au porphyre, on a une poussière brune presque veloutée. Le cuivre, dans cette combustion qu'on n'a crue que le premier point de son oxidation, mais qui ne peut jamais être poussée plus loin, comme on le verra bientôt, augmente de vingt-cinq parties et absorbe cette proportion d'oxigène sur cent de métal. Cet oxide brun ou noir se réduit facilement en métal par l'action du carbone et de l'hidrogène des huiles, à l'aide de la chaleur. Aussi les fondeurs de cuivre se contentent-ils de jeter les batitures dans le creuset où ils ont du métal en fusion, et sur-tout du cuivre jaune, dans lequel le zinc qui y est contenu, en s'emparant de la portion d'oxigène de l'oxide brun, le ramène presque sur-le-champ à l'état métallique.

33. L'oxide de cuivre brun, qui varie du rouge foncé ou marron au brun sombre, n'a cette couleur que par une sorte de fusion ou de vitrification. Quand on le fait chauffer jusqu'à le faire légèrement rougir avec le contact de l'air, et en l'agitant pour multiplier ses surfaces avec l'atmosphère, il devient beaucoup plus foncé et presque noir. On a cru que sous cette nuance noire il était bleu très-intense : on a regardé cette nuance comme un second degré d'oxidation de cuivre, où le métal paraissait contenir de seize à vingt d'oxigène, tandis qu'on n'en admettait que huit ou dix dans l'oxide brun ; mais il est reconnu maintenant, d'après les dernières recherches de M. Proust, que ces deux couleurs appartiennent au même oxide dans deux états ou dans deux modifications de forme ; que l'un et l'autre sont également un oxide à vingt-cinq d'oxigène pour cent, et qu'on ne peut pas pousser plus loin l'oxidation du cuivre, et que jamais il ne passe à un plus grand degré, puisque la couleur verte, qu'on regardait comme un *maximum* d'oxidation, n'est due qu'à une combinaison acide, et ne contient pas plus que la proportion d'oxigène indiquée, c'est-à-dire vingt-cinq pour cent.

34. Quoique l'oxide brun ou noir de cuivre soit assez facile à réduire à l'état métallique, il entre cependant, et spécialement le brun, dans plusieurs combinaisons vitrifiées, et teint les verres en brun marron ou en rouge foncé. On peut fabriquer très-promptement un oxide brun de cuivre en chauffant deux ou trois parties de ce métal en limaille avec une partie d'oxide vert, dont l'acide et l'eau qui y sont contenus opèrent avec une grande promptitude l'oxidation de toute la masse du cuivre. Il faut noter encore que la couleur rouge de sang ou brune brillante de l'oxide de cuivre, couleur qu'affecte souvent le premier oxide noir ou l'oxide brunâtre du cuivre, quand on le pousse vivement au feu, n'est que l'indice d'une espèce de fusion, d'une sorte de vitrification, et non celle d'une moindre oxigénation, comme on l'avait cru.

C'est ainsi que dans les fourneaux où l'on affine le cuivre, ce métal est recouvert d'une enveloppe vitreuse rouge, qui se rencontre aussi sur les baguettes avec lesquelles on en retire de temps en temps des essais.

35. Tous les faits que je viens de présenter sur l'oxidation du cuivre n'appartiennent qu'à sa combustion lente ou faible : il en est d'autres qui sont compris dans l'histoire de sa combustion forte et rapide, et qu'il est aussi essentiel de bien connaître. Quand on pousse très-fortement l'action du feu sur le cuivre ; quand on le jette, par exemple, en limaille très-fine dans un foyer bien ardent, ou quand on le fait rougir à blanc dans un creuset après l'avoir fait fondre, il brûle beaucoup plus rapidement que dans les premiers cas ; il éprouve une véritable inflammation ; il donne même une flamme verte très-brillante : aussi le fait-on entrer dans la composition des feux colorés dans les petits artifices, sur-tout dans ceux qu'on appelle artifices de table. On opère le même effet, qui est sensible à la surface du creuset où l'on fond et où l'on brasse le cuivre bien fondu et bien rouge, en frappant ce métal en petite masse ou en fils ou en feuilles minces par l'étincelle électrique foudroyante. Il donne tout-à-coup une flamme verdâtre, et se brise en décrépitant et en s'éparpillant en fumée ou en poussière dans l'air : on peut la recueillir sur des papiers où l'on a un oxide brun rougeâtre qui recouvre et enduit ceux-ci. C'est à cette propriété que l'on doit aussi la couleur verte qu'on voit prendre si souvent à la flamme des diverses matières combustibles, mais sur-tout à l'alcool, lorsqu'on y a mêlé ou dissous des sels cuivreux. Malgré l'activité et la différence de ce genre de combustion d'avec l'oxidation lente que j'ai décrite auparavant, l'oxide qui en est le résultat n'offre constamment que vingt-cinq parties d'oxigène sur cent du métal, et ressemble complétement à celui que l'on obtient par la première combustion ; et il est bien prouvé qu'il n'y a qu'une espèce d'oxide cuivreux.

F. *Union avec les corps combustibles.*

36. On ne connaît point encore l'union du cuivre avec les premiers corps combustibles, sur-tout avec l'azote, l'hidrogène et le carbone, auxquels on croit même qu'il n'est pas susceptible de se combiner. On ne sait autre chose, sinon que l'hidrogène et le carbone décomposent l'oxide de ce métal, lui enlèvent l'oxigène et le font reparaître à l'état métallique, à la température rouge. Cependant il faut remarquer que le gaz hidrogène réduit l'oxide et même quelques sels de cuivre en métal, comme ceux de plusieurs autres métaux, par le seul contact, lorsqu'on les lui présente délayés dans l'eau ou dans l'état de dissolution, et qu'il n'opère pas le même changement sur eux quand ils sont exposés à son action sous la forme sèche. Je reviendrai sur cette réduction des oxides et des sels métalliques humides par le gaz hidrogène, dans l'histoire de l'argent et de l'or, dont les oxides en sont beaucoup plus susceptibles que celui de cuivre, ainsi que sur les expériences et la théorie de madame Fulham, anglaise, qui s'est beaucoup occupée de cet objet.

37. Le phosphore se combine facilement avec le cuivre; et c'est même un des phosphures métalliques les plus connus, parce que c'est celui qu'on obtient le plus communément en raison de l'habitude où l'on est d'évaporer l'acide phosphorique dans des vaisseaux de ce métal. Pelletier a décrit avec beaucoup de soin les propriétés du phosphure de cuivre, après avoir observé que le résidu de la distillation du phosphore, faite avec de l'acide phosphorique évaporé dans des bassines de cuivre, vaisseaux d'ailleurs très-convenables à cette opération, contenait une combinaison de phosphore et de cuivre sous la forme de petits grains séparés ou de masses un peu plus considérables. Pelletier a préparé ce phosphure en chauffant dans un creuset parties égales de cuivre en copeaux et

d'acide phosphorique vitreux, avec un seizième du tout de poussière de charbon. Margraff avait déja obtenu auparavant un phosphure de cuivre, en distillant un oxide de ce métal avec du phosphore. Le chimiste français a de plus découvert qu'on pouvait aussi préparer ce composé, quoique moins complétement, par la fusion de parties égales de cuivre en copeaux et de verre d'acide phosphorique, et sur-tout en jetant du phosphore sur du cuivre rougi dans un creuset. Dans ce dernier cas, le cuivre se fond aussitôt que le phosphore est en contact avec lui, et il absorbe à peu près quinze à vingt de phosphore sur cent. Le phosphure de cuivre saturé est d'un gris blanchâtre brillant et métallique, souvent irisé, grenu, serré et dur dans son tissu. Il est beaucoup plus fusible que le cuivre; cependant il ne coule point à la lumière d'une chandelle, comme l'avait dit Margraff. Exposé au feu sous une mouffle, ou traité au chalumeau, il se fond; le phosphore vient brûler avec éclat et déflagration à sa surface, et le cuivre reste en une espèce de scorie noirâtre. A l'air, il se divise, change de couleur, perd son brillant, noircit, et se convertit par une espèce d'efflorescence en phosphate de cuivre; cependant on peut le conserver des années entières sans altération dans des vaisseaux fermés. Dans la fabrication de ce phosphure avec le verre d'acide phosphorique, il y a toujours un peu de scorie vitreuse, noire, et plus ou moins bien fondue, qui recouvre ou enveloppe le culot rassemblé au fond du creuset.

38. Il y a plusieurs manières d'obtenir la combinaison du soufre et du cuivre, et suivant les circonstances qui accompagnent l'opération on a différens genres de composés. Si l'on mêle du soufre en poudre et de la limaille de cuivre, et si l'on en fait une pâte avec de l'eau, cette pâte, exposée à l'air, se gonfle légèrement, se fendille, augmente de volume, s'échauffe faiblement, et finit par former une masse brune qui s'effleurit lentement à l'air et s'y convertit en sulfate de cuivre:

mais cette action est infiniment moins marquée que celle du fer traité de la même manière. Si l'on chauffe dans un creuset parties égales de soufre et de cuivre en poudre, on obtient par la fonte une masse foncée en couleur, une espèce de *matte* aigre, cassante, plus fusible que le métal. Pour la teinture et la peinture des toiles, on prépare cette combinaison en stratifiant dans un creuset des lames de cuivre et du soufre. Lorsque le tout est fondu, on pulvérise la matière, et elle est employée sous le nom déja ancien d'*æs veneris*; c'est la même matière que la précédente. Dans quelques ateliers on emploie ce procédé pour préparer le sulfate de cuivre, en chauffant fortement cette combinaison dans un four.

La société des chimistes d'Amsterdam a fait sur le sulfure de cuivre de nouvelles observations. En chauffant doucement du cuivre en limaille fine et du soufre dans un tube de verre bouché par un bout, et que l'on plonge dans un fourneau à travers les charbons, le mélange se fond en une masse brune, très-fusible, qui se cristallise en prismes ou rayons très-alongés d'un rouge foncé. Si on le tient fondu ou seulement ramolli quelque temps, il rougit, semble se pénétrer de feu, sans que cela vienne du vase même et par la propre réaction de ses matériaux constituans : il exhale comme en s'enflammant une lumière du plus beau rouge et du plus vif éclat; de sorte que les chimistes hollandais qui ont cru rencontrer dans ce phénomène une véritable combustion sans que le contact de l'air y fût pour quelque chose, en avaient tiré quelques inductions opposées à la doctrine pneumatique; mais il est plus aisé et plus naturel d'attribuer cet effet à la phosphorescence du composé, ou bien à un peu d'air contenu dans l'appareil, puisqu'il est certain que l'expérience n'a pas été faite avec les précautions nécessaires pour en assurer l'absence totale, et pour repousser toute idée de la combustion sans oxigène : car, quand on supposerait, sur la première apparence, que ce composé de sulfure de cuivre artificiel s'enflammât en effet

sans air, ne pourrait-on pas croire qu'une petite quantité d'eau eût ici suppléé ce principe ; d'ailleurs, pourrait-il se faire qu'un seul fait, dont sans doute quelque circonstance a pu échapper aux habiles chimistes d'Amsterdam, fût capable de porter à croire que la combustion peut avoir lieu sans air et sans oxigène ? En voyant par mes propres yeux ce phénomène, je l'ai regardé comme une simple phosphorescence, comme un changement et une augmentation subite de capacité pour le calorique, et comme une simple expulsion de la lumière ou conversion du calorique en lumière ; ce qui paraît d'autant plus évident, qu'après qu'elle a eu lieu, le composé est toujours du sulfure de cuivre, qui aurait dû passer à l'état de sulfate s'il avait éprouvé une combustion réelle, tandis qu'il reste avec sa propriété combustible toute entière. Au reste, le fait mérite d'être observé avec plus de soin encore qu'il ne l'a été jusqu'ici.

39. Le cuivre s'allie aisément à presque toutes les substances métalliques par la fusion, et les alliages qu'il forme jouissent presque tous de propriétés plus ou moins importantes, en raison desquelles ils sont presque tous employés dans les arts. Il n'y a pas de métal qui prenne aussi facilement des formes diverses dans ses combinaisons métalliques, et c'est une des principales raisons qui l'ont fait nommer *venus* par les alchimistes. Uni à l'arsenic par la fusion dans un creuset bien clos et avec du muriate de soude qui recouvre la matière en fusion, il forme un métal blanc, aigre, cassant, que quelques auteurs nomment *tombac blanc*. On ajoute souvent du zinc ou de l'étain à cette composition, qui sert à fabriquer beaucoup d'ustensiles et de bijous. Wallerius conseillait d'unir parties égales d'arsenic et de cuivre avec un 16e d'argent ; il prenait à la vérité l'arsenic blanc ou l'acide arsenieux. La plupart des auteurs emploient le flux noir et le verre en poudre pour aider la fusion et la combinaison. Becher a donné une formule très-longue et minutieuse, par laquelle il assure qu'on obtient d'une union du cuivre avec

l'arsenic, un métal blanc, ductile, semblable à l'argent. Swedenborg a rassemblé beaucoup de procédés différens pour faire cet alliage. Le citoyen Baumé l'a traité par divers moyens ; il l'a eu souvent cassant, et a remarqué que le feu le rendait ductile, en lui laissant la couleur blanche ; il l'a préparé, soit avec l'acide arsenieux et l'alcali fixe, soit avec l'arseniate acidule de potasse ou *sel neutre arsenical* de Macquer, soit enfin en substituant le laiton au cuivre ordinaire. On fait beaucoup de mélanges métalliques dans les arts avec le cuivre et l'arsenic, en y ajoutant en proportions très-variées, différentes substances métalliques.

40. On n'a point décrit encore, ni même indiqué les propriétés des alliages du cuivre avec le tungstène, le molybdène, le chrome, le titane, l'urane et le manganèse, quoiqu'on sache que la plupart de ces métaux sont susceptibles de s'y unir et de le rendre cassant et plus ou moins pâle. Il reste beaucoup de recherches à faire sur ces nouveaux alliages, qui, examinés avec soin, pourront certainement fournir des produits très-utiles aux arts, en raison de leurs propriétés différentes de celles des alliages déja connus : d'ailleurs, la facilité avec laquelle on sait que le cuivre s'allie aux autres matières métalliques, doit déterminer les chimistes à tenter ces alliages, qui leur fourniront les moyens de réduire et de fondre par là ceux des métaux nouveaux dont l'infusibilité et l'intraitabilité a empêché encore qu'on en reconnût les propriétés caractéristiques.

41. La combinaison du cuivre avec le cobalt est assez difficile et peu connue : ceux des auteurs qui en ont dit quelques mots, Wasserberg en particulier dans ses Instituts de chimie, assurent que cet alliage est analogue au cobalt lui-même par sa fragilité et par son tissu. Suivant Cronstedt, le cuivre forme avec le nickel un alliage blanc, dur, non ductile, facile à détruire par l'air. Ce savant a remarqué que, malgré les diverses proportions où il a fait cet alliage, le cuivre s'y était cons-

tamment montré par la couleur verte ou brune qu'il avait fait prendre au verre de borax. On ne sait pas ce que forme le nickel purifié avec le cuivre; car celui que Cronstedt a employé, comme je l'ai dit ailleurs, était chargé d'arsenic, de cobalt et de fer.

42. Le bismuth fondu avec le cuivre à parties égales, forme un alliage fragile d'un rouge pâle. Dans l'alliage fait avec un huitième à peu près de bismuth, Gellert a trouvé beaucoup de fragilité, une couleur rouge blanchâtre, et un tissu à facettes indiquant des fragmens presque cubiques dans son grain. Sa pesanteur spécifique était assez exactement la moyenne de celle des deux métaux. Muschenbroëck, qui a décrit une suite d'alliages divers de cuivre et de bismuth, et qui a déterminé leur diverse ténacité, a vu cette propriété y diminuer à proportion que le bismuth y était plus abondant. Les ouvriers qui préparent de petits ouvrages de cuivre jaune ou de tombac, entr'autres des aiguilles et des cuillers, font entrer un peu de bismuth dans leur alliage, mais sans pouvoir dire à quoi cette addition leur sert : c'est une routine ancienne qu'ils suivent seulement à cet égard.

43. L'antimoine s'unit très-aisément au cuivre par la fusion: quand on en allie parties égales, on obtient un métal d'une jolie couleur violette, la seule de ce genre parmi les métaux. Gellert a trouvé cet alliage spécifiquement plus lourd. Ce singulier alliage a un tissu lamelleux et fibreux ; c'était le *régule de Vénus*, qu'on fabriquait autrefois dans les pharmacies pour la préparation du trop fameux *lilium* de Paracelse. On faisait aussi, d'après une prescription et dans des vues alchimiques, un alliage composé de parties égales de *régule martial* et de *régule de Vénus*, qui formait, disait-on, des mailles et des cavités réticulaires à sa surface ; on le nommait le *réseau* ou le *filet de Vulcain*, parce que *Mars* et *Vénus* semblaient y être enveloppés.

44. On s'est beaucoup occupé dans les laboratoires de l'union du mercure avec le cuivre, et de la formation d'une amalgame

de ce dernier métal dans l'ordre des adhérences que les métaux dissolubles par le mercure sont susceptibles de contracter avec ce métal, et qui répondent à leur dissolubilité. Le cuivre ne tient que le huitième rang, suivant les expériences du citoyen Guyton, et n'a au-dessous de lui que l'antimoine, le fer et le cobalt : cela indique qu'il n'est susceptible de s'y unir qu'avec difficulté ; aussi ne parvient-on à l'amalgamer que lorsqu'il est présenté au mercure et broyé avec lui dans un grand état de division. Parmi les chimistes qui ont parlé de cette combinaison, les uns veulent qu'on broye des feuilles de cuivre très-minces avec le mercure, après avoir frotté auparavant ces feuilles avec du vinaigre ou du sel commun ; les autres prescrivent de triturer de la limaille de cuivre avec la dissolution nitrique de mercure, dont le premier métal réduit l'oxide et le précipite de sa dissolution, en y ajoutant même un peu de mercure coulant, et en lavant avec beaucoup d'eau. Il en est qui conseillent de prendre le cuivre dissous dans l'acide nitrique, de le précipiter à l'état métallique par le fer, et de le triturer promptement avec le mercure coulant. Il y a encore quelques autres procédés qui exigent des combinaisons d'acides végétaux, et dont je parlerai par la suite. De quelque manière que cette combinaison soit faite, elle est rougeâtre, assez molle pour recevoir facilement les empreintes les plus délicates quand elle est un peu chaude, et susceptible de se durcir beaucoup à l'air. La chaleur la décompose très-facilement et en sépare le mercure.

45. La combinaison du cuivre avec le zinc est un des plus importans alliages qui existent, ou plutôt elle donne naissance, suivant la diversité des proportions, à différens alliages très-utiles dans les arts. Muschenbroëck a décrit, avec soin, quelques propriétés de plusieurs de ces alliages : parties égales de cuivre et de zinc lui ont donné un métal d'un beau jaune d'or, dont un parallélipipède, d'un dixième de pouce, n'a été brisé que par 108 livres ; sa pesanteur spécifique était de 8.047. Une partie de cuivre et une demi-partie de zinc ont formé un métal

d'une couleur d'or pâle ; une partie de cuivre et trois quarts de partie de zinc, un beau métal de couleur d'or, très-doux à la lime ; une partie de cuivre et un quart de zinc, un alliage d'une plus belle couleur que celle du laiton. Gellert a indiqué la pesanteur spécifique de ces alliages comme plus grande que la moyenne. Wallerius annonce que l'alliage de cinq parties de cuivre avec trois parties de zinc est encore un peu ductile. Le citoyen Borda a trouvé que le laiton avait une densité d'environ un dixième plus grande que celle des deux métaux pris séparément.

46. A ces généralités sur l'alliage du cuivre et du zinc, il faut ajouter une notice des principales différences des métaux usuels auxquels il donne naissance : suivant les proportions dans lesquelles on les allie, on obtient le laiton ou le cuivre jaune, le métal du prince Robert, le pinchebeck, le tombac et le similor. Le laiton et le cuivre jaune se fabriquent, soit en stratifiant des lames de cuivre, soit en fondant ce métal avec un mélange de calamine ou de carbonate de zinc natif et de charbon. Le zinc entre, dans ce genre d'alliage, dans la proportion d'un cinquième à un quart de celle du cuivre ; alors ce métal est assez ductile pour servir à un grand nombre d'usages. Macquer a remarqué que le zinc pouvait s'unir à trois parties et même à deux de cuivre, sans presque lui faire perdre de sa ductilité à froid : c'est là ce qui rend le cuivre jaune si utile et si précieux. Par cet alliage, on augmente la quantité du cuivre d'un quart et même d'un tiers ; on lui donne une couleur agréable qui imite celle de l'or pâle ; on le rend moins sujet à l'oxidation et au vert-de-gris : il est, à la vérité, un peu moins ductile à chaud qu'à froid, à cause de la fusibilité beaucoup plus grande dans le zinc que dans le cuivre. En tenant fondu à un grand feu le cuivre jaune, le zinc s'en sépare, se volatilise, brûle avec flamme, et l'alliage décomposé repasse à l'état de cuivre rouge pur. Quoique les mots *cuivre jaune* et *laiton* soient presque synonymes dans les livres de chimie, on donne

le plus souvent le nom de *laiton* au cuivre jaune passé à la filière ; quelquefois celui-ci n'est que blanchi à son extérieur par le zinc, qui y est comme appliqué.

Le métal du prince Robert est un alliage analogue au précédent, où la proportion du zinc est moindre que dans le cuivre jaune, et dont la couleur plus intense imite plus celle de l'or. Chaque ouvrier a ses procédés particuliers pour faire ce métal, qui n'est employé que pour quelques bijoux d'ornement. Il en est de même du pinchebeck, du tombac et du similor; trois autres alliages du cuivre avec le zinc, qui diffèrent peu entre eux, et qui ne sont que des variétés de cuivre jaune un peu diversifiées par leur couleur. Pour les obtenir beaux, il est essentiel de prendre les deux métaux bien purs et d'en varier les proportions d'après des essais plus ou moins nombreux, et suivant la couleur qu'on veut avoir. Il y a, dans les ouvrages anciens de chimie, des recettes plus ou moins compliquées pour préparer ces métaux, par lesquels on a cherché à imiter l'or. Au lieu de se servir du cuivre et du zinc purs, beaucoup prescrivent la calamine, le vert-de-gris, qu'ils mêlent avec plusieurs sels, et qu'ils chauffent plus ou moins long-temps et fortement. On pourra trouver un grand nombre de ces formules dans les Dissertations de Swedenborg sur le cuivre et le laiton, *aurichalcum*, dans les ouvrages de Lewis, de Justi, de Cramer, de Wallerius, de Gellert, de Tessari, de Rinman et de Klinghammer.

Je n'ajouterai plus à ce que j'en ai dit, qu'un précis du nouveau travail fait par le citoyen Vauquelin sur l'analyse ou l'essai de cet alliage si important. Pour connaître les proportions des deux métaux qui composent le laiton, ce chimiste s'est servi, avec un grand avantage, de la dissolution par l'acide nitrique. Quand elle est faite complétement et qu'il ne reste plus rien à dissoudre, il précipite les deux métaux par la potasse, qu'il ajoute en assez grande quantité pour dissoudre tout-à-fait l'oxide de zinc; et comme l'oxide de cuivre n'y est

pas dissoluble, il reste en poussière noirâtre que l'on sépare, que l'on lave et que l'on pèse. En soustrayant un cinquième du poids de ce précipité pour l'oxigène qui lui est uni, on a le poids du cuivre ; et ce qui manque à celui de l'alliage employé appartient au zinc. On vérifie cette première expérience en précipitant une seconde dissolution nitrique par le zinc, qui sépare le cuivre à l'état métallique, et qui doit donner la même quantité de ce dernier métal que celle qu'on a obtenue dans le premier essai.

47. Le cuivre s'allie très-facilement à l'étain. Ce genre d'alliage est extrêmement utile dans les arts ; c'est avec lui qu'on fait le bronze ou l'airain, le métal des statues, celui des canons, le métal de cloches, les miroirs métalliques, l'étamage. Il faut donc en étudier avec soin les propriétés. En général, l'étain diminue beaucoup la ductilité du cuivre, et il augmente sa ténacité, sa dureté, et sa qualité sonore. Muschenbroëck a constaté par ses expériences, que le cuivre acquérait la plus grande fermeté possible quand à cinq ou six parties de ce métal on ajoutait une partie d'étain ; que plus on augmentait la proportion de celui-ci, plus l'alliage devenait dur et fragile ; qu'alors la lime ne l'entamait plus, et que dans ce dernier état il n'était propre qu'à la fabrication des miroirs. Ce physicien en conclut que, pour fabriquer le bronze des canons, il faut prendre une partie d'étain sur cinq à six parties de cuivre. La densité et la pesanteur spécifique de cet alliage sont plus grandes que la moyenne, dans la proportion de 8.265 à 7.638.

Wallerius a donné des détails plus précis encore que ceux de Muschenbroëck sur le bronze et l'airain. Pour faire le métal des canons, suivant lui, il faut unir douze parties d'étain à cent parties de cuivre ; on peut y ajouter avec succès un peu de cuivre jaune. En unissant cent parties de cuivre avec vingt parties d'étain, on a un alliage sonore, bruyant, d'un gris jaunâtre, propre à la coulée des cloches. Swedenborg conseille de faire le métal à canons en fondant ensemble cent parties de

cuivre pour douze à quinze livres de vieil étain, et en mêlant souvent au bain de ces métaux des fragmens d'instrumens de bronze. Savary ne propose que dix à douze parties d'étain sur cent de cuivre pour le bronze des canons, et vingt à vingt-quatre du premier à cent du second pour le métal de cloches. Il ajoute que pour rendre le son de ce dernier plus agréable, on y joint deux parties d'antimoine. Dans l'alliage destiné à la fabrication des canons, qui doit être assez solide pour ne pas s'éclater par l'effet d'une double charge de poudre, et en même temps assez peu mou pour n'être pas déformé par le choc du boulet, il est important de remarquer que le mélange des deux métaux entr'eux n'est homogène et égal dans toutes ses parties que lorsqu'on agite et qu'on brasse bien la matière en fusion : sans cela il se fait un partage inégal, d'où il résulte que l'étain, ou le cuivre le plus chargé d'étain, occupe la partie supérieure, et que le fond est presque du cuivre pur; que toute la masse forme comme des couches séparées de divers alliages différens, depuis celui du haut qui contient le plus d'étain, jusqu'à celui du fond du creuset qui en contient le moins. J'ai déja fait la même observation sur d'autres alliages; mais elle est plus importante encore dans l'histoire du bronze, en raison de sa grande utilité et des nombreux emplois auxquels il est destiné. On remarquera ici que le bronze pour les statues ne diffère de celui des canons que parce qu'il contient une proportion d'étain ou moins ou plus considérable, suivant la couleur qu'on veut lui donner.

48. Le métal des cloches ou l'airain sonnant diffère spécialement du bronze par la proportion de l'étain qui y est plus grande, et parce qu'il est plus cassant. La dose la plus ordinaire pour cette espèce d'alliage est de 25 d'étain sur 75 de cuivre; souvent on trouve, en analysant des fragmens de cloche par les acides, ou une proportion un peu différente de celui-ci, ou quelques métaux étrangers, comme du zinc, de l'antimoine, du bismuth; quelquefois même on y rencontre de

l'argent ; mais ces métaux n'y sont pas essentiels, et proviennent presque toujours ou des cuivres jaunes et des *potains*, espèces de mauvais alliages de cuivre, d'étain, de plomb, etc., ou de quelques portions de vieille argenterie que la crédulité et la superstition faisaient autrefois porter dans les fourneaux où l'on fondait les cloches. On observe sur-tout dans la fabrication du métal de cloches la singulière propriété dont jouit l'étain, de diminuer et de faire même disparaître la belle couleur du cuivre. L'alliage de cloche est d'un gris blanc, d'un grain serré et dur, très-difficile à limer, d'une pesanteur spécifique plus considérable que ne doit le donner la moyenne des deux métaux alliés : tous ces caractères annoncent une pénétration profonde du cuivre de la part de l'étain, et une sorte de remplissage de tous les pores du premier par les molécules du second. Ce métal est plus fusible que le cuivre. Lorsqu'on veut en faire l'essai, on le traite en poudre par l'acide nitrique, qui dissout le cuivre oxidé, et laisse l'étain en oxide blanc indissoluble. On avait imaginé autrefois qu'on ne pouvait pas séparer ces deux métaux, et qu'il était impossible d'en extraire le cuivre : en sorte qu'on réputait celui-ci comme perdu, et qu'on croyait que pour en tirer parti, il fallait ou y ajouter du cuivre jusqu'à ce qu'on fût arrivé à la proportion convenable au bronze d'artillerie, ou le consacrer à faire ces alliages blancs, durs et aigres, avec lesquels on coule des timbres, des boutons, des instrumens d'ornement, etc. Mais ce préjugé, répandu par des hommes intéressés à ce qu'on ne changeât pas les cloches de forme, n'a pas résisté long-temps aux premiers regards que les chimistes français ont jetés sur ce métal allié, quand les besoins de la patrie ont appelé leur attention sur cet objet. On a trouvé beaucoup de moyens d'extraire le cuivre du métal de cloches : la seule fonte lente, avec un peu d'eau jetée à la surface du métal en fusion, suffit pour cela dans des ateliers de raffinage en grande activité ; l'étain est oxidé par ce procédé,

et nage à la surface du bain sous la forme de scories qui entraînent, à la vérité, un peu de cuivre, mais qui, séparées du cuivre raffiné qu'elles recouvrent, sont réduites et refondues en particulier pour faire du métal aigre et blanc, utile à beaucoup d'usages. On extrait encore en grand dans plusieurs ateliers français et nationaux le cuivre du métal de cloches par un procédé que j'ai donné en 1790. Il consiste à oxider en scories pulvérulentes une partie du métal de cloches, et à les brasser avec six parties du même métal fondu dans un fourneau de réverbère : l'étain ayant beaucoup plus d'attraction pour l'oxigène que n'en a le cuivre, le premier de ces métaux qui est contenu dans l'alliage en fusion absorbe ce principe au cuivre oxidé de la scorie qu'on ajoute ; en sorte qu'il se sépare de la portion d'étain qui se brûle et se scorifie ainsi, et il s'enrichit en même temps de la portion du cuivre des scories ajoutées, qui cède son oxigène à son étain. Pelletier a conseillé pour remplir le même objet, et pour oxider l'étain du métal de cloches, le mélange de l'oxide de manganèse à ce métal fondu : quelques autres chimistes ont employé avec succès le muriate de soude projeté sur le métal de cloches en fusion, et sont parvenus ainsi à en séparer l'étain. Ce départ du métal des cloches est un art nouveau qui a été créé et promptement porté à sa perfection dans la République française, aux étonnans succès militaires de laquelle il a contribué.

49. Un mélange de trois parties d'étain et d'une partie de cuivre fondu avec un peu d'acide arsenieux et de flux noir, qui réduit ce dernier, donne par la fusion un alliage roide, dur, d'une couleur d'acier, susceptible d'un poli vif, très-peu altérable, qu'on emploie à la fabrication des miroirs de réflexion, pour les télescopes, les expériences d'optique, etc. On trouve au reste dans Kunckel, dans Cardan, dans Becher, dans Swedenborg, beaucoup de compositions différentes pour faire cet alliage destiné à la confection des miroirs. Becher a prescrit pour cela huit parties de cuivre, une partie

d'étain et cinq parties de bismuth ; Cardan, trois parties de cuivre, une partie d'étain et d'argent, et un huitième d'antimoine ; Kunckel a indiqué trois parties de bon étain et une partie de cuivre qu'il fondait avec un peu de tartre, d'alun, de salpêtre et d'acide arsenieux. On ne fait que durcir l'étain et le rendre plus brillant, lorsqu'on l'allie avec $\frac{1}{48}$ de cuivre; souvent on ajoute à ces deux métaux de l'antimoine dans la même intention.

50. L'étamage du cuivre n'est qu'un alliage extrêmement mince ou superficiel du cuivre avec l'étain. Il est employé pour défendre le cuivre de la rouille, et pour empêcher que les alimens qu'on prépare dans ce métal n'en dissolvent une partie, et n'acquièrent une âcreté vénéneuse. Pour que l'étamage réussisse bien, il faut que la surface des vaisseaux de cuivre qui doit être étamée soit bien propre et bien métallique : aussi commence-t-on par gratter cette surface avec une lame de fer faite exprès, et qu'on promène avec assez de force sur toute la surface de la pièce, jusqu'à ce qu'elle soit devenue par-tout brillante et pure. On la frotte ensuite avec du muriate d'ammoniaque, et on la place sur des charbons allumés : quand elle est suffisamment chaude, on y jette de la poix-résine en poudre, qui, en recouvrant toute la surface métallique, empêche qu'elle ne s'oxide ; enfin on y verse de l'étain fondu, ou l'on y promène un morceau d'étain, qui se fond sur-le-champ par la chaleur de la pièce, et qu'on applique avec des étouppes sur toute la surface du métal : à l'instant même celui-ci, qui était d'un beau rouge, devient d'un blanc argentin brillant, en raison de l'étain qui s'applique également sur tous les points du cuivre. Il n'y a qu'une bien légère couche d'étain qui fait ainsi corps avec le cuivre. En vain en appliquerait-on de nouvelles couches et de nouvelles épaisseurs, il ne contracterait pas la même adhérence, la même dureté, la même infusibilité que celle qui a recouvert le cuivre. A une chaleur capable de fondre l'étain,

cette nouvelle couche coulerait et se ramasserait en globules ou en grumeaux au fond du vase étamé, parce que ce second étain ajouté au premier resterait comme étain, en conserverait toutes les propriétés : tandis que la première couche, vraiment adhérente, fait alliage avec la surface du cuivre, et est devenue par cela seul infusible à la température qui fond l'étain. On a lieu d'être étonné de la petite quantité d'étain qui s'unit et s'attache ainsi au cuivre dans l'étamage ; il serait permis de craindre les dangereux effets du cuivre, qui n'est séparé que par un feuillet d'étain d'une minceur presque inappréciable, si une longue expérience n'avait appris que ce feuillet léger suffit pour empêcher le cuivre placé au-dessous de toucher les matières plongées dans les vaisseaux étamés. Bayen, dans ses recherches sur l'étain, a trouvé qu'une casserole, de neuf pouces de diamètre et de trois pouces trois lignes de profondeur, n'avait acquis que vingt-un grains par l'étamage. Il faut avoir cependant l'attention de ne point laisser séjourner des mets, sur-tout des substances acides, dans les vases de cuivre étamés, et d'en faire renouveler souvent l'étamage, pour éviter toute crainte de danger. Il est encore important de n'employer pour l'étamage que de l'étain très-pur ; car celui qui contient du plomb, et particulièrement la *claire étoffe* des potiers d'étain, qui en contient la moitié de son poids, expose à toutes les maladies que le plomb peut faire naître. On a proposé de faire des étamages infusibles et à couches épaisses avec de l'étain rendu infusible par le fer, l'argent, le platine. Lafolie, chimiste à Rouen, a voulu même substituer aux vaisseaux de cuivre étamés, contre l'usage desquels il est toujours utile de conserver des préventions, des casseroles de fer battu recouvert de zinc, et il est fort à desirer que leur usage se multiplie.

51. Le cuivre s'allie bien au plomb par la fusion : lorsque le plomb excède le cuivre, l'alliage a la couleur grise du premier ; il est assez ductile ; il est cependant cassant à chaud,

à cause de la grande différence de fusibilité du plomb et du cuivre. C'est à cette dernière différence qu'est due l'utilité du plomb dans l'opération métallurgique que j'ai décrite plus haut sous le nom de *liquation*. On fait entrer cet alliage de plomb et de cuivre dans quelques arts, et sur-tout dans la fabrication de quelques caractères d'imprimerie pour les grosses lettres. Savary dit que la proportion nécessaire pour le dernier objet est de cent parties de plomb contre vingt à vingt-cinq parties de cuivre.

52. Le cuivre est aussi susceptible de s'unir au fer, mais beaucoup plus difficilement qu'à la plupart des métaux précédens. Plus on combine de fer avec le cuivre, plus l'alliage tire sur le gris, perd de sa ductilité, et devient difficile à fondre. En fondant ces deux métaux dans un creuset, on trouve toujours du fer non allié placé au-dessus du cuivre, auquel il adhère fortement. Ce dernier fait explique comment ces deux métaux se soudent intimement et assez facilement. On trouve souvent les grains ou les limailles de fer disséminés dans les soufflures de cuivre, lorsqu'on n'a point assez chauffé ces deux métaux pour favoriser l'alliage. Presque tous les chimistes sont d'accord entre eux sur la difficulté de cette union.

G. *Action sur l'eau et sur les oxides.*

53. Ce que j'ai déja fait connaître des propriétés du cuivre prouve assez que ce métal a trop peu d'attraction avec l'oxigène pour qu'il puisse enlever ce principe à l'eau ; aussi les chimistes modernes croient-ils que le cuivre ne décompose point cet oxide d'hidrogène, puisque d'ailleurs ils voient que l'hidrogène décompose l'oxide de cuivre, même coloré en vert ; le contact momentané de ce corps gazeux sur l'oxide suffit en effet pour ramener sa couleur au brun. Cependant il est une circonstance dans laquelle il pourrait paraître que cette dé-

composition de l'eau par le cuivre a réellement lieu : c'est celle où ce liquide, qui touche et baigne le métal sans action tant qu'elle est chaude ou en vapeur, se condense et se refroidit à sa surface. On voit constamment dans ce cas la place occupée par les gouttelettes du liquide condensé et refroidi se couvrir d'un oxide vert en quelques heures, et ce phénomène arrive trop fréquemment dans le monde pour que les chimistes n'en aient point été frappés. A la plus haute température, quand le cuivre est fondu et rouge, l'eau qui tombe sur lui excite un mouvement, se réduit subitement en vapeur, pousse devant elle des jets de liquide cuivreux, qui sont très-dangereux dans les coulées de ce métal, comme le savent tous les fondeurs en cuivre qui ont le plus grand soin de faire sécher leurs moules; mais, dans ce phénomène même, on ne peut pas dire ni penser que l'eau est décomposée, pas plus que dans le contact de l'eau vaporeuse condensée par le refroidissement. La première déflagration paraît être due à la vaporisation violente et subite de l'eau. L'oxidation du cuivre, dans le second cas, est produite par plusieurs attractions réunies, et sur-tout par celle de l'oxigène et de l'acide carbonique atmosphérique pour le cuivre et son oxide. Voilà pourquoi cette oxidation qui a lieu si promptement dans des vaisseaux ouverts ne se présente point dans des vases fermés.

54. C'est par la même réunion de plusieurs attractions, et sur-tout à l'aide de celle que j'ai nommée *attraction disposante*, que le cuivre décompose l'eau quand il est combiné avec le soufre; c'est à ces forces coagissantes qu'est due la sulfatisation spontanée qu'éprouvent à l'air les sulfures de cuivre natif, quand on les humecte. Il y a tout lieu de penser qu'il arrive la même chose au phosphure de ce métal, lorsqu'il noircit à l'air, suivant l'observation de Pelletier, ainsi qu'à plusieurs alliages de ce métal, lorsqu'ils se trouvent placés dans de pareilles circonstances. On verra bientôt que la même théorie se retrouve tout naturellement dans l'action du cuivre sur certains

acides, ou pendant quelques-unes de ses dissolutions dans ces corps brûlés.

55. Il est aisé de concevoir, d'après ce qui vient d'être dit encore, que le cuivre ne doit avoir que peu d'action sur le plus grand nombre des oxides métalliques ; il n'y en a en effet que très-peu auxquels il est susceptible d'enlever l'oxigène : et ce sont au contraire ses propres oxides qui se laissent facilement décomposer par la plupart des autres métaux. Le manganèse, le zinc, l'étain, le fer sur-tout, ont éminemment cette propriété. Le mercure est de tous les métaux celui qui cède le plus volontiers son oxigène au cuivre : de sorte que ce dernier précipite en métal presque toutes les dissolutions du premier, et qu'il suffit de plonger des lames ou des morceaux de cuivre dans les sels mercuriels liquides pour blanchir ces lames par la précipitation du mercure à l'état métallique, et pour colorer en bleu les dissolutions qui auparavant étaient absolument sans couleur. On emploie même quelquefois ce procédé pour former à la surface du cuivre une espèce d'argenture qui, à la vérité, est peu solide et peu durable. Le cuivre précipite aussi au moins en partie le sulfate de fer suroxigéné, non qu'il enlève l'oxigène au fer, mais parce que l'oxide très-oxidé de ce métal tient si peu à l'acide sulfurique, qu'il abandonne sur-le-champ sa place au cuivre.

H. *Action sur les acides.*

56. On a toujours dit qu'aucun métal n'était plus altérable ni plus dissoluble par les acides que l'est le cuivre ; et en effet il n'est aucun acide, même parmi les plus faibles, qui ne soit susceptible de colorer ce métal, qu'on y plonge et qu'on en recouvre, en bleu ou en vert, et qui conséquemment ne soit capable de l'oxider à l'aide de l'eau et de s'unir ensuite à son oxide.

L'acide sulfurique n'attaque le cuivre que quand il est con-

centré et bouillant : alors le cuivre décompose cet acide ; il lui enlève une partie de son oxigène, et en dégage beaucoup de gaz acide sulfureux. On prend ordinairement pour cette opération deux parties d'acide et une de métal. Kunckel prescrit de se servir de la distillation. On fait le plus souvent cette combinaison dans un matras ; on poursuit l'opération jusqu'à obtenir une masse sèche ; celle-ci est d'un gris sale ou brunâtre, suivant la proportion des deux corps et le feu qu'on a donné. On lave ensuite cette masse résidue avec de l'eau distillée, qui prend une belle couleur bleue. Il reste souvent un peu d'oxide brun qui ne se dissout pas. La liqueur bleue, évaporée jusqu'à pellicule, et refroidie lentement, donne des cristaux rhomboïdaux de la même couleur. On en obtient presque jusqu'à la fin de l'évaporation de la liqueur. L'acide sulfurique, même faible, dissout facilement les oxides de cuivre, et forme avec eux le même sulfate de cuivre que celui dont il est question ici.

57. Le sulfate de cuivre est préparé en grand, soit par l'évaporation de quelques eaux qui le tiennent en dissolution, soit en brûlant des sulfures de cuivre natif, soit en laissant effleurir ou sulfatiser ces sulfures à l'air après les avoir humectés ; quand la sulfatisation est opérée, on lessive ces matières dans l'eau, on évapore cette lessive, et on la laisse cristalliser dans de grands vases où elle dépose des masses considérables de cristaux bleus. Ce sel était nommé autrefois *vitriol bleu*, *vitriol de Chypre*, *vitriol de cuivre*, *couperose bleue*, *vitriol de Vénus*. Il a une saveur âcre, métallique, styptique et presque caustique. Quoiqu'on l'ait toujours défini comme cristallisé en rhomboïdes, cet énoncé vague ne suffit point aujourd'hui. Voici comment le citoyen Haüy décrit la cristallisation du sulfate de cuivre. Sa forme primitive est un parallélipipède obliquangle que l'on peut considérer comme un prisme oblique dont les pans sont inclinés entre eux, d'une part de cent vingt-quatre deg. une min., et de l'autre de cinquante-cinq deg. cinquante-neuf min., dont la base fait avec l'un de ces

pans un angle de cent neuf deg. vingt-une min., et avec le pan opposé un de soixante-dix deg. trente-neuf min. Il n'y a que le feld-spath qui ait, comme ce sel, un parallélipipède obliquangle pour forme primitive; mais les faces qui composent un même angle solide dans cette pierre ont des angles différens. Le prisme du sulfate de cuivre passe, par des décroissemens simples à décrire, à l'octaèdre et au décaèdre; il se forme aussi autour de chaque base des facettes marginales ou angulaires, solitaires, géminées, ternées, qui constituent une suite de variétés toutes déterminées avec précision à l'aide de la théorie découverte par le citoyen Haüy.

58. Le sulfate de cuivre se fond vîte au feu à l'aide de son eau de cristallisation; il perd promptement jusqu'à trente-six pour cent de son poids, et se dessèche en poudre d'un blanc bleuâtre. En augmentant alors le feu, il donne son acide : on a remarqué qu'il est plus difficile à décomposer que le sulfate de fer. Le résidu de cette décomposition par le feu est un oxide noirâtre, contenant toujours vingt-cinq parties d'oxigène sur cent parties de métal. M. Proust, à qui est due cette dernière remarque, donne pour les composans du sulfate de cuivre les proportions suivantes : oxide noir de cuivre, trente-deux; acide sulfurique, trente-trois; eau, trente-cinq. Il s'altère légèrement à l'air, en perdant l'eau de sa cristallisation, et en s'effleurissant sous la forme de poussière bleue blanchâtre; mais cette efflorescence se borne à la surface du sel. Il n'exige que quatre ou cinq parties d'eau à dix degrés pour se dissoudre; l'eau bouillante en dissout la moitié de son poids : aussi cristallise-t-il presque aussi bien par le refroidissement que par l'évaporation lente. Le phosphore, les gaz hidrogène phosphoré et sulfuré en séparent et en réduisent plus ou moins complétement le cuivre. Aucun acide n'a d'action sur le sulfate de cuivre.

59. Les terres et les alcalis le décomposent, et précipitent sa dissolution en un oxide gris bleuâtre, qui devient vert

quand on le sèche à l'air, en absorbant l'acide carbonique atmosphérique.

Si l'on ne verse qu'une petite quantité de potasse caustique en liqueur dans la dissolution de sulfate de cuivre, le précipité verdâtre que l'on obtient et qui nage dans une solution de sulfate cuivreux, puisque ce sel n'est pas alors entièrement décomposé, est une espèce particulière de sulfate de cuivre, que M. Proust dit être au *minimum* d'acide; c'est-à-dire que c'est de l'oxide de cuivre qui entraîne avec lui un peu d'acide sulfurique. Ce sel, suivant le chimiste cité ici, perd quatorze pour cent d'eau par la distillation; la potasse pure avec laquelle on le traite le réduit à soixante-huit d'oxide noir. Il contient oxide noir soixante-huit parties, acide sulfurique dix-huit, eau quatorze. Il paraît qu'on obtient aussi le sulfate de cuivre au *minimum* d'acide, en décomposant le sulfate au *maximum* par l'action du feu.

60. Si, au lieu de décomposer partiellement le sulfate de cuivre par la potasse, on emploie celle-ci en excès, tout l'acide du sel est enlevé par cet alcali, et il se dépose un oxide bleu, que M. Proust regarde comme un composé particulier d'oxide noir, du seul oxide de cuivre qu'il connaisse, avec de l'eau; il le nomme *hydrate de cuivre*. J'en reparlerai plus en détail à l'article du nitrate de ce métal. L'ammoniaque, en décomposant le sulfate de cuivre et en précipitant d'abord sa dissolution, dissout bientôt l'oxide précipité, quand on ajoute un excès de cet alcali, et prend la plus riche et la plus brillante couleur bleue.

Le sulfate de cuivre s'unit en sels triples avec quelques sulfates alcalins, terreux et métalliques. Il décompose les nitrates et les muriates en se décomposant lui-même par l'action du feu, et il en dégage les acides nitrique et muriatique. Il réagit sur beaucoup de sels métalliques qu'il décompose par l'effet des attractions électives doubles. Les phosphates et les borates alcalins le précipitent aussi par une attraction

double ; les carbonates, en le précipitant, donnent du carbonate de cuivre qui devient d'un beau vert à l'air. Plusieurs métaux, et sur-tout le zinc, l'étain et le fer, le décomposent et en précipitent, sur-tout le dernier, du cuivre métallique, en enlevant l'oxigène à son oxide. Les dissolutions de manganèse et d'étain le brunissent, et en font déposer le cuivre en oxide brun. On profite de cette propriété du fer pour séparer, comme je l'ai dit plus haut, le cuivre de la dissolution naturelle de ce sel : c'est alors le cuivre de cémentation.

61. L'acide sulfureux, d'après les expériences que nous avons faites, le citoyen Vauquelin et moi, sur les sulfites métalliques, n'attaque point le cuivre. Ce métal, laissé longtemps en contact et recouvert par l'acide sulfureux, ne perd ni de son brillant ni de son poids. Aussi a-t-on vu ce métal ne donner que du gaz acide sulfureux avec l'acide sulfurique ; et c'est pourquoi il n'existe pas de sulfite sulfuré de cuivre. Mais l'oxide de ce métal s'unit promptement et facilement à l'acide sulfureux. On fait sur-le-champ cette combinaison saline en versant une dissolution de sulfite de soude dans une dissolution de sulfate de cuivre ; il se forme, à l'instant du mélange de ces deux liqueurs, un précipité d'un jaune citron, et il se dépose ensuite de petits cristaux d'un blanc verdâtre, qui se foncent en couleur par le contact de l'air : après ce dépôt, le liquide évaporé donne du sulfate de soude. Tous les essais faits sur le précipité jaune et sur le sel d'un blanc verdâtre, prouvent que ces deux matières sont également du sulfite de cuivre ; que le premier contient plus de cuivre, ce qui constitue sa couleur citronée et son indissolubilité. Ainsi il y a un partage inégal de l'oxigène entre les deux portions de cuivre, et formation de deux sulfites un peu différens. L'un et l'autre, chauffés au chalumeau, se fondent, noircissent, prennent une couleur grise semblable à celle du *fahlertz*, et se réduisent en bouillonnant à l'état métallique. Chauffé dans un tube de verre, le sulfite verdâtre cristallisé devient d'abord

jaune, ensuite rouge marron : il s'en dégage d'abord de l'acide sulfureux, ensuite de l'acide sulfurique ; une partie de ce sel reste en sulfure gris ; une autre, fondue avec le verre, le colore en un rouge brillant. On voit ici l'oxide de cuivre céder son oxigène à l'acide sulfureux, qui devient de l'acide sulfurique et passe à l'état métallique. Quoique peu soluble dans l'eau, le sulfite de cuivre l'est cependant assez pour être sensible par la potasse qui en précipite des flocons verdâtres, et par l'ammoniaque qui lui donne une couleur bleue. L'acide sulfurique concentré jeté sur le sulfite de cuivre en cristaux en dégage, avec une effervescence bruyante, beaucoup d'acide sulfureux en gaz, et en sépare une matière pulvérulente rouge brune, semblable à la lie du vin. En ajoutant de l'eau, ce précipité ne se redissout pas ; mais, sans eau et laissé à l'air, il perd sa couleur et se dissout dans l'acide sulfurique. L'oxigène du cuivre se porte dans cette expérience sur l'acide sulfureux dont il convertit une partie en acide sulfurique ; et c'est ainsi que l'oxide de cuivre repasse presqu'à l'état métallique. L'acide nitrique agit également sur l'un et l'autre sulfite de cuivre, dégage du gaz sulfureux et du gaz nitreux, et le convertit en sulfate de cuivre. On voit que cette combinaison, inconnue jusqu'ici des chimistes, combinaison qu'on ne peut pas obtenir immédiatement de l'acide sulfureux et du cuivre, à cause de la faible attraction de celui-ci pour l'oxigène, présente des phénomènes très-intéressans et dont l'explication tient à la théorie pneumatique.

62. L'acide nitrique est assez rapidement décomposé par le cuivre qui en dégage uniformément, sans grandes secousses, sans violence et sans boursouflement, du gaz nitreux dont on fait souvent usage pour les expériences eudiométriques, soit parce que la manière tranquille, successive et en quelque sorte régulière, avec laquelle il s'échappe pendant cette dissolution du cuivre, rend l'opération facile et sûre, soit parce que ce gaz nitreux a été reconnu pour un de ceux qui réussissent le mieux

dans les essais d'eudiométrie. On conçoit que cette dernière propriété dépend de ce que le cuivre, qui n'est point aussi avide d'oxigène et qui ne l'absorbe ni aussi abondant ni aussi solide, par exemple, que le zinc, l'étain et le fer, ne décompose point complétement l'acide du nitre, n'en sépare point le radical ou l'azote seul, de manière à ce que l'acide nitreux soit mêlé de plus ou moins de gaz azote, comme cela arrive avec les métaux que je viens de citer. C'est par la même raison que la dissolution nitrique de cuivre ne donne point de traces d'ammoniaque par la chaux, tandis que celles des métaux indiqués par le même acide en donnent si souvent : ceux-ci, en effet, décomposent très-souvent l'eau en même temps que l'acide nitrique; et le cuivre, qui ne sépare point tout l'oxigène de cet acide, n'opère point, à plus forte raison, la décomposition de l'eau.

63. A mesure qu'une portion de l'acide nitrique décomposé cède son oxigène au cuivre, celui-ci, amené à l'état d'oxide, se dissout dans la partie de l'acide qui n'est pas décomposée; il se forme une liqueur d'un bleu d'abord pâle, et comme mêlée de poussière blanche qui devient bientôt d'une nuance beaucoup plus brillante et entièrement transparente : le cuivre qui reste au fond est oxidé en brun foncé ou en noir à sa surface. On obtient la même dissolution avec les oxides de cuivre, qui sont extrêmement dissolubles dans l'acide nitrique. Cette dissolution âcre et styptique, évaporée lentement, donne des cristaux parallélipipèdes alongés. Evaporée avec moins de précaution, elle ne fournit que des prismes fins ou aiguillés, groupés et serrés les uns contre les autres en faisceaux comme rayonnés, dont il n'est pas possible de déterminer la forme. Aussi parmi les chimistes, les uns les ont décrits comme des prismes hexaèdres, les autres comme des prismes tétraèdres; il en est qui ont dit que la dissolution nitrique de cuivre ne se cristallisait pas. Le nitrate de cuivre ainsi obtenu est d'un bleu plus éclatant que le sulfate du même métal; il est si âcre

et si caustique qu'il pourrait servir pour brûler les excroissances et les fungus des ulcères. Il est fusible à vingt-cinq ou trente degrés du thermomètre de Réaumur ; à mesure qu'il se dessèche sur les charbons ardens où on le place, il détone ou les allume légèrement sur ses bords : un papier trempé dans sa dissolution et desséché brûle avec scintillation par une chaleur faible. Le nitrate de cuivre fondu dans un creuset exhale beaucoup de vapeur nitreuse ; quelques chimistes ont conseillé de le distiller pour en retirer de l'acide rutilant : il laisse, après avoir donné son eau et son acide en partie décomposé, un oxide d'un vert très-foncé et très-brillant à sa surface, tandis qu'il a sa couleur marron dans son fond, dans sa partie la plus chauffée. Le nitrate de cuivre attire fortement l'humidité de l'air; il est très-dissoluble dans l'eau : exposée long-temps à l'air sec et livrée à l'évaporation spontanée, sa dissolution se dessèche et se change en une poussière verte.

64. Les terres et les alcalis précipitent en général la dissolution du nitrate de cuivre en un oxide blanc bleuâtre qui devient vert à l'air. La chaux éteinte, jetée en poudre dans sa dissolution, a cependant la propriété non seulement de conserver le bleu de l'oxide qu'elle précipite, mais encore de l'aviver, de le rendre plus bleu, et de rester combinée avec lui sous la forme et dans l'état de *cendre bleu*. L'Angleterre a long-temps fourni seule au commerce cette couleur si employée dans la fabrication des papiers peints. Pelletier en a décrit l'analyse et en a donné la préparation dans les Annales de chimie. Cent parties de belle cendre bleue d'Angleterre lui en ont fourni cinquante de cuivre, trente d'acide carbonique, dix d'oxigène, sept de chaux, et quatre d'eau. Il a prescrit, pour la préparer, de faire dissoudre à froid du cuivre dans l'acide nitrique affaibli ; d'ajouter à cette dissolution de la chaux en poudre, et d'agiter le mélange afin que la décomposition ait lieu promptement ; de mettre plus de nitrate de cuivre qu'il n'en faut pour obtenir de l'oxide de ce métal pur ; de décanter

la liqueur ; de bien laver le précipité, de l'égoutter dans un linge, de le broyer ensuite sur un porphyre ou dans un mortier avec de la chaux vive, dont on ajoute peu à peu de sept à dix parties pour cent du précipité, et qui le fait tout-à-coup passer du vert tendre au bleu ; de l'essayer pour connaître sa nuance, en en faisant sécher un peu à l'air et au soleil ; s'il prend une teinte trop claire, d'y ajouter du précipité cuivreux ; d'employer un peu d'eau pour le mélange et le broiement, si le précipité est trop sec, et de le sécher à l'air. Dans cette opération, on avait d'abord pensé que l'oxide de cuivre, déja verdi par l'air quand il y est exposé seul, repassait, en rétrogradant dans son oxidation, au bleu par son mélange avec de la chaux, s'arrêtait à cet état d'oxide à l'aide de cette terre, et absorbait avec elle une partie même assez abondante de l'acide carbonique atmosphérique. Mais quoique cette désoxidation partielle, regardée comme effet de la chaux sur l'oxide de cuivre vert, parût se maintenir quelque temps dans cet état, on ne la croyait cependant pas extrêmement durable, puisqu'on savait que tous les papiers peints avec cette cendre bleue finissaient par pousser au vert, et par devenir même entièrement verts quand ils avaient été pendant quelques mois exposés au contact de l'air.

65. On admettait un effet désoxidant beaucoup plus prompt encore dans l'ammoniaque, lorsqu'employée pour décomposer le nitrate de cuivre ; on observait d'abord un précipité pulvérulent d'un blanc bleuâtre, qui, par l'addition d'un peu plus d'ammoniaque, disparaissait, se redissolvait, et donnait à la liqueur un bleu beaucoup plus intense que ne l'était la première dissolution nitrique. Stahl avait dit que cette dissolution ammoniacale, traitée au feu, détonait à la manière de l'or fulminant ; mais Bergman n'a pas pu obtenir un pareil effet. Les alcalis fixes purs ne font pas le même effet ; ils ne blenissent ni ne redissolvent pas l'oxide de cuivre qu'ils séparent de cette dissolution. Les sulfures alcalins et les hidrosul-

fures décomposent le nitrate de cuivre en y formant un précipité brun rougeâtre. L'acide sulfurique décompose ce sel et reforme avec lui du sulfate de cuivre. La plupart des sels, et sur-tout les sulfates, les phosphates, les borates et les carbonates alcalins le décomposent. Plusieurs métaux, et spécialement le fer, en précipitent le cuivre à l'état métallique en lui enlevant l'oxigène avec lequel ils ont plus d'attraction qu'il n'en a lui-même. Higgins a observé et décrit dans les Transactions philosophiques (volume 63, page 1), un phénomène bien remarquable produit par l'étain sur le nitrate de cuivre. Si l'on met des cristaux un peu humides de nitrate de cuivre dans une feuille d'étain qu'on contourne en petit vase, il attire l'humidité de l'air; sa portion humide attaque l'étain et se colore en brun par la précipitation de l'oxide de cuivre; il se produit de la chaleur; il se dégage une vapeur nitreuse abondante; la matière finit par s'enflammer avec explosion; et si la feuille d'étain est très-mince, elle se déchire par l'espèce de déflagration qui a lieu dans cette expérience. On reconnaît ici l'effet de la grande attraction de l'étain pour l'oxigène, et l'énergie avec laquelle il l'absorbe, soit à l'acide nitrique, soit à l'oxide de cuivre.

66. Telles étaient les idées qu'on avait adoptées d'après les nouvelles bases de la doctrine pneumatique, et d'après les travaux du citoyen Guyton et de Pelletier, sur le nitrate de cuivre, sur ses diverses propriétés, lorsque M. Proust, dans des recherches particulières adressées à l'Institut vers la fin de l'an 7, a proposé plusieurs modifications à ces idées, et présenté quelques notions plus précises et plus exactes sur ces composés cuivreux. Pour bien concevoir le résultat de son travail, il ne faut pas perdre de vue qu'il n'admet qu'un degré d'oxidation constant dans le cuivre brûlé, soit par l'action de l'air, soit par celle des acides, soit par tous les moyens qu'on emploie pour le combiner avec l'oxigène : il faut se rappeler qu'en n'admettant jamais que l'oxide de cuivre à 0.20 d'oxigène ou

à $\frac{1}{5}$ de son poids de ce principe, il rejette entièrement la distinction des oxides brun, bleu et vert, qui avait été adoptée anciennement par le citoyen Guyton, et que j'avais adoptée moi-même comme entièrement d'accord avec toutes les propriétés et tous les phénomènes montrés par le cuivre dans ses nombreuses combinaisons. Quoique je ne sois pas entièrement convaincu qu'il n'y a en effet qu'un seul oxide de cuivre, soit parce que ce métal change constamment de couleur, et qu'il passe successivement du brun au bleu et du bleu au vert par des procédés oxidans, soit parce que, par les moyens désoxidans, il prend les mêmes nuances dans une marche inverse, soit parce que M. Proust n'a pas fait connaître les moyens d'analyse par lesquels il a trouvé toujours ces 0.20 d'oxigène dans tous les oxides qu'il dit avoir examinés ; néanmoins, comme je ne connais pas non plus de résultats précis sur les diverses proportions d'oxigène existant dans les différens oxides admis avant l'habile chimiste de Ségovie, je reconnais au moins plus d'exactitude dans ses nouvelles données ; et c'est en admettant avec lui que le cuivre ne s'oxide qu'à 0.20 d'oxigène, que je vais exposer les principaux points de son travail sur le nitrate de cuivre et sur ses précipités.

67. En distillant une dissolution nitrique de cuivre on obtient, suivant ce chimiste, de l'eau et l'acide excédant. Le sel épaissi s'attache à la cornue en croûte verte, lamelleuse, indissoluble, dont l'eau bouillante en grande quantité n'enlève rien de sensible par l'hidrogène sulfuré. Chauffé fortement, ce nitrate de cuivre, au *minimum* d'acide, perd ce dernier et se réduit à 0.67 d'oxide noir. La potasse lui enlève également à chaud son oxide et l'amène à l'état d'oxide noir : il contient 0.67 de cet oxide, 0.16 d'acide et 0.17 d'eau. Le nitrate avec excès d'acide ne contient, au contraire, que 0.27 d'oxide noir. Cent parties de cuivre traitées par l'acide nitrique, et réduites à l'état d'oxide par l'action du feu, laissent 125 parties de cet oxide : ce qui fait dire à M. Proust que le cuivre

n'est pas plus brûlé par l'acide nitrique que par d'autres moyens. Le nitrate de cuivre au *maximum* d'acide donne, avec une petite quantité de potasse, un précipité qui passe du bleu au vert, et qui n'est que le nitrate au *minimum*, ou avec excès d'oxide. Si au contraire on jette le premier sel cuivreux dans de la potasse bien délayée et suffisamment abondante pour prédominer, on a un précipité volumineux, d'un beau bleu, sur la nature duquel M. Proust a sur-tout insisté.

68. Après avoir fait observer que l'on obtient un précipité semblable de tous les sels cuivreux jetés dans une lessive de potasse caustique qui leur enlève tout leur acide, il le nomme *hydrate* de cuivre, et cherche à prouver par des expériences que c'est une combinaison d'oxide à 0.20 d'oxigène et d'eau. Voici les faits qui l'ont conduit à ce résultat et à cette dénomination. Ce composé, d'un bleu assez beau, analogue à celui de la cendre bleue, n'est ni sec ni vraiment pulvérulent; il est consistant et légèrement gras comme le bleu de Prusse. Etendu sur un papier et chauffé, il perd peu à peu son eau constituante, il se décolore, tourne au vert, et finit par se changer en oxide noir. Quoiqu'inaltérable dans son état de sécheresse, ils s'obscurcit, se décompose lentement sous l'eau, perd de son volume et devient oxide noir : la lumière du soleil accélère cette décomposition. Cent parties de ce composé distillées donnent vingt-quatre parties d'eau et en laissent soixante-quinze d'oxide : ces vingt-quatre parties d'eau, jetées sur l'oxide au sortir de la cornue, le mouillent sans le faire repasser à l'état bleu primitif. Il est dissoluble dans tous les acides sans effervescence ; il devient sel au *minimum* d'acide dans les dissolutions des sels cuivreux au *maximum* ; il se dissout dans la potasse caustique et dans le carbonate de potasse ; il dégage l'ammoniaque du muriate ammoniacal humide avec lequel on le broie : il se dissout facilement dans l'ammoniaque. Les cendres bleues ne sont que de l'hidrate de cuivre obtenu par la chaux : ce composé existe vraisemblablement dans les mines

bleues de cemétal. M. Proust conclut de toutes ces propriétés, que le précipité dont il est ici question est un composé de l'oxide de cuivre avec de l'eau dépouillée de son calorique spécifique, comme elle l'est toutes les fois qu'elle s'élève, suivant la propre expression de l'auteur, de l'état de simple mélange à celui de combinaison. Les principes et les raisons de cette conclusion étaient fondés sur trois faits principaux; savoir, 1°. que M. Proust n'a point trouvé d'autre oxide de cuivre que celui à 0.20 d'oxigène; 2°. que l'eau jetée sur cet oxide ne fait que le mouiller sans changer sa nuance noirâtre; 3°. que cet oxide ne prend de couleur bleue ou verte que dans une combinaison quelconque : il est bien évident qu'elle ne peut être admise que lorsqu'il sera bien prouvé qu'il n'y a en effet qu'un seul oxide de cuivre; que ce métal ne peut être qu'à ce seul état d'oxidation, de quelque composé qu'il fasse partie; que la couleur brune, bleue ou verte n'est point un indice de divers degrés d'oxidation, comme on l'avait cru jusqu'ici, mais bien celui de véritables combinaisons. Les doutes qu'il est encore permis d'avoir sur ces trois principaux résultats, et qui ne me paraissent pas levés par les expériences décrites dans le Mémoire de M. Proust, m'empêchent d'admettre entièrement son hidrate de cuivre, genre de combinaison d'un oxide métallique avec l'eau, qui n'est encore analogue à aucun autre composé connu, et dont la terminaison en *ate*, proposée par le professeur de Ségovie, rappellerait peut-être trop, quand son existence serait prouvée, un rapport trop direct avec les composés des acides puissans. Cet objet mérite donc encore d'être repris et examiné avec beaucoup de soin par les chimistes; car si leurs recherches ultérieures s'accordent avec celles de M. Proust, elles méritent d'être suivies pour la plupart des autres substances métalliques qui doivent offrir des combinaisons analogues.

69. L'acide muriatique attaque le cuivre et le dissout, quand il est concentré et à l'aide de la chaleur; il se produit une

faible effervescence et un léger dégagement de gaz hidrogène pendant cette dissolution : comme elle ne peut avoir lieu qu'à l'aide du feu, il se volatilise une portion d'acide muriatique en gaz ; et les premiers physiciens qui ont examiné les fluides élastiques produits pendant ses diverses dissolutions métalliques, n'ont indiqué que ce gaz. L'eau est cependant décomposée ; et le cuivre paraît être plus oxidé ou au moins amené à un autre état que par l'action des acides sulfurique et nitrique, puisqu'il passe au vert, tandis qu'il est bleu dans ces deux dernières combinaisons. On obtient ainsi une dissolution d'un vert magnifique, qui la distingue de celle du sulfate et du nitrate de cuivre : on l'obtient sur-le-champ sans mouvement, sans chaleur, sans effervescence, quand on jette de l'oxide de cuivre vert ou bleu dans l'acide muriatique, même un peu étendu d'eau. En évaporant cette dissolution muriatique de cuivre, elle donne, quand elle est épaissie et lorsqu'on la laisse refroidir lentement, des cristaux prismatiques carrés alongés, ou de petites aiguilles longues, serrées les unes à côté des autres en faisceaux confus, d'un vert de pré très-brillant et très-gai. Ce sel est très-âcre et caustique ; il se fond à une chaleur douce ; il se prend en masse en refroidissant : on ne le décompose et on n'en dégage l'acide muriatique qu'à l'aide d'un feu très-fort et long-temps continué. Il attire fortement l'humidité de l'air, et devient promptement comme une huile épaisse. Il n'est point altérable par les acides sulfurique et nitrique. Il fume très-abondamment quand on l'approche de la vapeur ammoniacale. Les réactifs alcalins le décomposent et en précipitent un oxide d'un blanc bleu qui devient vert à l'air. La chaux lui conserve sa première nuance, et forme avec lui une belle cendre bleue. L'ammoniaque le redissout en une liqueur bleue un peu moins brillante cependant qu'elle ne le fait avec le sulfate et le nitrate de cuivre. Plusieurs métaux, sur-tout le zinc et le fer, en précipitent le cuivre à l'état métallique. Les dissolutions sulfurique et nitrique de

la plupart des métaux blancs forment, avec sa dissolution, des sulfate et nitrate de cuivre et des muriates métalliques blancs indissolubles.

70. A ces faits généralement reconnus sur le muriate de cuivre par tous les chimistes qui s'en sont occupés, je dois ajouter les dernières observations de M. Proust. Après avoir purifié et cristallisé le sel par l'alcool, il l'a décomposé par la potasse et le nitrate d'argent : la première lui a indiqué la proportion d'oxide ; le second, celle de l'acide muriatique. Il y a trouvé 40 parties d'oxide noir de cuivre, 24 d'acide, et 36 d'eau. On peut, suivant lui, distiller ce sel à sec sans lui faire éprouver d'altération ; mais, en forçant le feu, une partie de son acide passe en acide muriatique oxigéné ; le cuivre est ramené de 0.25 d'oxidation à 0.17, et forme un muriate blanc particulier. D'après cette seule observation du professeur de Ségovie, ne peut-on pas croire, contre son propre avis, que le cuivre est susceptible de plusieurs degrés d'oxidation ; que c'est à cela qu'est dû l'acide muriatique oxigéné que l'on obtient dans l'expérience qu'il cite ; et que si le métal se désoxide dans ce cas, il y a lieu de croire qu'il présente le même phénomène dans plusieurs autres circonstances? Le muriate de cuivre, traité avec un peu de potasse, donne un précipité vert de muriate au *minimum* d'acide ; si cet alcali prédomine, on obtient l'oxide bleu que M. Proust nomme *hidrate* de cuivre. Ce métal, traité par l'acide nitro-muriatique, fournit spontanément, en poudre verte, un muriate au *minimum* d'acide qui contient, suivant ce chimiste, 79 parties d'oxide noir, $12\frac{1}{2}$ d'acide muriatique, et $8\frac{1}{2}$ d'eau. A cette occasion, il donne l'analyse de deux muriates de cuivre natifs, l'un du Chili et l'autre du Pérou : le premier contient oxide noir 76, acide 10, eau 12 ; le second, 70 d'oxide, 11 d'acide, et 18 d'eau : ils se comportent au feu et par la potasse, en différente quantité, comme le muriate de cuivre artificiel.

71. L'acide muriatique oxigéné oxide le cuivre, le dissout

sans effervescence, et forme un sel vert semblable au précédent. On ne connaît pas de combinaison entre l'acide muriatique oxigéné et l'oxide de cuivre ou de muriate suroxigéné de cuivre ; et, au contraire, on remarque qu'en distillant de l'acide muriatique ordinaire sur de l'oxide de cuivre vert, il se dégage par l'action du feu de l'acide muriatique oxigéné, comme je l'ai fait observer dans l'histoire du sable cuivreux du Pérou, qui, par la distillation et à mesure que l'acide muriatique oxigéné s'en dégage, laisse un oxide de cuivre brun ou très-rapproché de l'état métallique. Cette observation a été confirmée depuis par M. Proust.

72. L'acide phosphorique n'est point décomposé par le cuivre ; mais lorsqu'il séjourne quelque temps sur ce métal, il en favorise l'oxidation par l'eau ou par l'air, et il se forme ainsi un phosphate de cuivre peu dissoluble. On obtient sur-le-champ ce sel en versant dans la plupart des sels précédens des dissolutions de phosphates alcalins. Il se fait alors une double décomposition ; l'acide phosphorique se porte sur l'oxide de cuivre, avec lequel il constitue un précipité de phosphate cuivreux verdâtre presque indissoluble. On n'a point encore examiné les propriétés de ce sel : on sait seulement que chauffé avec du charbon dans un creuset, il donne du phosphure de cuivre gris brillant, et que c'est cette combinaison qu'on trouve souvent en grenailles dans le résidu de la distillation du phosphore, quand on l'a faite avec de l'acide phosphorique évaporé dans des vaisseaux de ce métal, comme je l'ai déja annoncé plus haut. On ne connaît pas non plus le phosphite de cuivre.

73. L'acide fluorique oxide facilement et dissout le cuivre ; son oxidation a lieu ici comme par l'acide muriatique, à l'aide de l'eau qui se décompose et qui lui cède son oxigène. On n'a point encore examiné les propriétés de cette combinaison. Il en est de même de celle qu'il est susceptible de former avec l'acide boracique ; on obtient plus particulièrement

cette dernière en versant des dissolutions de borates dans celles de cuivre par la plupart des acides précédens. Il se fait un précipité verdâtre, extrêmement peu dissoluble, que tous les acides décomposent, et auquel ils enlèvent l'oxide de cuivre.

74. L'acide carbonique n'a point d'action sur le cuivre, ni dans son état de gaz, ni dans son état liquide. Cependant il est absorbé promptement par les oxides bleu ou vert de ce métal ; et c'est ce qui arrive dans l'oxidation naturelle du cuivre, dans la formation du vert-de-gris, qui n'est que du carbonate de cuivre, dans celle du vert de montagne, du cuivre soyeux, de la malachite, qui sont le même sel en différens états de rapprochement, de densité, de cristallisation, etc. On voit aussi avec quelle rapidité cette même union a lieu dans la précipitation des différens sels de cuivre par les carbonates alcalins, et combien d'acide carbonique absorbe l'oxide de cuivre, puisque quand il se précipite il ne se fait pas d'effervescence. L'analyse des carbonates de cuivre natifs prouve qu'ils contiennent plus d'acide carbonique que la plupart des autres sels métalliques formés par le même acide. M. Proust a trouvé que cent parties de cuivre dissoutes dans un acide donnaient par le carbonate de potasse ou de soude cent quatre-vingts parties de carbonate de cuivre vert, qui contenaient cent de cuivre, vingt-cinq d'oxigène, quarante-six d'acide carbonique et dix d'eau. Pour préparer ce sel d'une couleur brillante et homogène, il faut le précipiter avec l'eau bouillante, placer le vase au soleil, et le laver avec beaucoup de soin. Le carbonate de cuivre natif est formé des mêmes proportions que le carbonate artificiel.

75. Les acides métalliques ont une action plus ou moins marquée sur le cuivre. Schéele a décrit celle de l'acide arsenique d'une manière assez exacte. En faisant digérer cet acide avec de l'eau sur du cuivre, il se fait une dissolution verte ; il s'y précipite une poudre d'un blanc bleuâtre formée d'acide arsenique et d'oxide de cuivre. Une partie de limaille de

cuivre chauffée dans une cornue avec deux parties d'acide arsenique sec se fondent facilement ; il se sublime de l'acide arsenieux au col de ce vaisseau ; il reste une masse fondue, bleue, soluble dans l'eau qui en précipite une poudre blanche. Les arseniates alcalins précipitent en bleu toutes les autres dissolutions de cuivre. Cet arseniate de cuivre se fond dans un creuset à un grand feu en une scorie brune qui, chauffée avec du charbon, donne de l'arsenic sublimé et du cuivre pur. L'arsenite de potasse, que Macquer nommait *foie d'arsenic*, versé dans une dissolution de sulfate de cuivre, forme un précipité d'un vert très-riche, que Schéele a proposé pour la peinture, parce qu'il ne change point à l'air ; on le nomme *vert de Schéele*. C'est un véritable *arsenite de cuivre*. Voici les doses que le chimiste suédois a recommandées pour cette préparation utile : une livre et demie de sulfate de cuivre dissous à chaud dans seize pintes d'eau ; verser peu à peu cette dissolution chaude dans une autre dissolution également chaude d'une livre et demie de potasse et de dix onces d'acide arsenieux dans cinq pintes d'eau ; agiter le mélange, le laisser reposer quelques heures, décanter la liqueur claire de dessus le précipité vert qu'elle a formé, laver bien le précipité indissoluble avec de l'eau chaude, le sécher ensuite à une douce chaleur et le conserver pour l'usage : on en a, par les doses indiquées, près d'une livre deux onces. Il faut jeter les eaux décantées de cette opération loin des lieux où vivent les animaux, parce qu'elles contiennent de l'arsenic en dissolution.

76. L'acide tunstique ne se combine au cuivre que quand il est oxidé ; il précipite le sulfate de cuivre en blanc ; on ne connaît pas la combinaison de l'acide molybdique. Le citoyen Vauquelin, dans sa découverte du chrome et de l'acide chromique, a trouvé qu'il précipitait le nitrate de cuivre en rouge marron, couleur du chromate de ce métal.

I. *Action sur les bases salifiables et les sels.*

77. Il n'y a d'autre action et d'autre union entre les terres et le cuivre que celle qu'on obtient par la fusion vitreuse ; il se forme un verre le plus souvent de couleur verte brillante ; quelquefois il est d'un rouge marron ou brun plus ou moins brillant : cela dépend uniquement de l'état de l'oxide que l'on prend pour cette vitrification. C'est presque toujours pour obtenir différentes nuances de vert qu'on l'emploie dans les manufactures de porcelaine, de faïence, de diverses poteries, de verres de couleur.

78. Les alcalis fixes dissous dans l'eau et mis en digestion avec la limaille de cuivre, puis laissés refroidir sur ce métal, favorisent son oxidation ; ils se teignent légèrement en bleu, et le cuivre prend lui-même cette couleur ; mais il ne s'en dissout que très-peu, et à peine peut-on en trouver la trace dans les liqueurs surnageantes ; elles laissent d'ailleurs déposer promptement la petite portion d'oxide de cuivre qu'elles tiennent en dissolution. On remarque dans ces opérations que le contact de l'air contribue pour beaucoup à l'oxidation du métal ; elle est très-faible et à peine a-t-elle lieu dans des vaisseaux fermés.

79. L'ammoniaque est de toutes les matières alcalines celle qui présente l'action la plus marquée sur le cuivre. Tous les chimistes ont remarqué et décrit depuis long-temps cette action. Mise en digestion avec la limaille de ce métal, l'ammoniaque liquide se colore, à l'aide du contact de l'air, en un bleu brillant de la plus belle nuance. Elle ne dissout cependant qu'une très-petite quantité d'oxide cuivreux. J'ai observé les phénomènes de cette oxidation et de cette dissolution pendant un an. Ayant dans un petit flacon de l'ammoniaque liquide sur de la limaille de cuivre, et ayant souvent débouché le vase pour donner de temps en temps à la liqueur le

contact de l'air, j'ai vu qu'au bout de quelques mois, et après que la liqueur eut pris une couleur bleue brillante à plusieurs reprises successives, la surface du métal était recouverte d'un oxide bleu; les parois du vase étaient enduites d'un oxide de cuivre bleu pâle, et sa partie inférieure, où était encore la plus grande partie du cuivre en limaille, offrait, sous la couche légère de bleue qui le couvrait, une poudre brune claire dont la surface était jaunâtre : en sorte que le métal paraissait être ou dans deux états d'oxidation ou un oxide combiné et altéré de deux manières différentes. J'ai reconnu que si la liqueur se décolorait dans le flacon fermé, ce qui ne va cependant jamais jusqu'à la rendre blanche et sans couleur, cela était dû à la précipitation d'une partie de l'oxide de cuivre; et que si elle reprenait une teinte plus foncée à l'air, c'est parce qu'elle en absorbait une portion d'oxigène : le cuivre devenait dissoluble dans l'ammoniaque, et prenait par cette dissolution la belle couleur bleue qui le caractérise. Sans l'alternative de donner et de refuser le contact de l'air à cette liqueur, et quand en la prenant dans un état donné de coloration on l'enferme dans un vase qu'elle remplit complétement, elle ne perd rien de sa nuance et se conserve absolument dans le même état où on l'a prise. C'est ce qui est arrivé dans l'expérience où M. Wasserberg a mis cette dissolution bleue claire dans un tube soufflé en boule, qu'il en a entièrement rempli et qu'il a bouché à la lampe; en neuf mois de temps cette liqueur n'a éprouvé aucun changement de couleur : on en voit la raison d'après ce que j'ai exposé.

80. En évaporant lentement la dissolution ammoniacale de cuivre, la plus grande partie de l'ammoniaque se sépare sous la forme de gaz; une petite partie seulement reste fixée avec l'oxide de cuivre, et plusieurs chimistes disent qu'elle peut fournir des cristaux transparens d'un beau bleu, semblables à l'azur natif de cuivre; mais il y a une grande

différence entre ces deux corps ; et quelques chimistes modernes assurent que la dissolution ammoniacale du cuivre pur ne cristallise jamais, que l'on a confondu les mélanges de sels acides cuivreux précipités et redissous par l'ammoniaque, qui fournissent réellement des cristaux de sels triples. Et en effet, cette dissolution pure, exposée à l'air, se dessèche et devient d'un vert plus ou moins brillant, à mesure que l'ammoniaque dissipée laisse l'oxide isolé qui absorbe peu à peu l'acide carbonique atmosphérique. Cette même dissolution cuivreuse ammoniacale, la plus chargée qu'il est possible, ne laisse que quelques vestiges d'un précipité gris bleuâtre par les acides ; et ceux-ci, pour peu qu'ils soient excédens, font disparaître toute la belle couleur bleue, et lui en donnent une verte très-pâle.

81. L'oxide de cuivre vert, mis en contact avec de l'ammoniaque, passe sur-le-champ au bleu. Cette action, qu'on a cru être un commencement de désoxidation, et qui pourrait n'être qu'une simple union de l'ammoniaque, est beaucoup plus forte et va plus loin lorsqu'on emploie la chaleur. Alors il se dégage du gaz azote ; l'hidrogène de l'ammoniaque se porte sur l'oxigène de l'oxide et forme avec lui de l'eau ; l'oxide passe au brun, et même à la fin à l'état entièrement métallique. Le citoyen Berthollet s'est servi de cette expérience pour trouver la nature de l'ammoniaque et pour déterminer la proportion de ces principes par celle de l'azote dégagé en gaz.

82. Quoique le cuivre contracte aisément de la rouille et du vert-de-gris par les dissolutions des matières salines qui le recouvrent et où il plonge, il n'a cependant qu'une très-faible action sur la plupart des sels. Il ne décompose point les sulfates à froid ni à chaud. Laissé, et sur-tout bouilli avec la dissolution d'alun, il s'oxide et se dissout en partie à raison de l'acide sulfurique excédant que ce sel contient. Il paraît d'ailleurs que le sulfate de cuivre qui se forme dans ce cas,

s'unit en sel triple au sulfate d'alumine et de potasse, comme il s'unit aux sulfates de zinc et de fer également en sels triples. C'est pour cela que l'alumine, précipitée de l'alun, dont la dissolution a séjourné quelque temps dans des vaisseaux de cuivre, a une légère teinte de bleu.

83. Les nitrates, et spécialement celui de potasse ou le nitre commun, brûlent le cuivre, l'oxident, mais sans inflammation ni détonation sensibles; il n'y a que de légères scintillations quand le cuivre est fondu et rouge, ou bien quand on jette le cuivre en limaille fine sur du nitre en fusion dans un creuset. Il se forme par ce procédé un oxide de cuivre brun mêlé de potasse; quand on le lave avec de l'eau, l'alcali est dissous et il ne reste que de l'oxide de cuivre pur, qu'on prépare ainsi pour quelques arts, et notamment pour la fabrication des émaux. Cette espèce d'oxide se fond facilement en verre brun ou marron.

84. On assure, dans beaucoup de livres de chimie, que la dissolution de muriate de soude dissout du cuivre par l'ébullition; Heller a même calculé que huit onces de sel avaient dissous vingt grains de cuivre; Wallerius a remarqué que ce métal, fondu avec le muriate de soude et exposé ensuite à l'air, se couvrait promptement de vert-de-gris : et tout le monde sait que du sel gardé quelque temps et humecté dans des vaisseaux de cuivre, les couvre de vert-de-gris avec beaucoup de facilité; mais cet effet est dû à l'eau et à l'air plutôt qu'au sel, et celui-ci ne paraît pas recevoir d'altération dans ses principes.

Le muriate d'ammoniaque est décomposé par le cuivre à l'aide de la chaleur; il se dégage du gaz hidrogène et du gaz ammoniaque : pour produit, il reste un muriate de cuivre. L'ammoniaque liquide qui en fait aussi partie, en raison de l'eau contenue dans le sel, est toujours colorée en bleu, en raison d'un peu d'oxide de cuivre qu'elle entraîne. La dissolution de muriate d'ammoniaque agit aussi sur le cuivre, et elle se colore en bleu toutes les fois qu'on la laisse séjourner dans

des vaisseaux de ce métal. L'oxide de cuivre décompose également, par la distillation, le muriate d'ammoniaque, et donne même du carbonate d'ammoniaque, s'il contenait de l'acide carbonique.

On fait en pharmacie deux préparations avec le muriate ammoniacal et le cuivre. L'une, portant le nom d'*ens veneris* ou de *fleurs ammoniacales cuivreuses*, n'est autre chose que ce sel coloré par un peu de muriate de cuivre. Pour l'obtenir, on sublime du muriate d'ammoniaque avec à peu près un soixantième de son poids d'oxide de cuivre vert dans deux terrines posées l'une sur l'autre, ou dans un chapiteau de verre qui recouvre un pot de terre : il n'y a, comme on voit, que très-peu de muriate ammoniacal décomposé, et celui qui se sublime entraîne avec lui le peu de muriate de cuivre formé. L'autre préparation pharmaceutique est nommée *eau céleste*, à cause de sa belle couleur bleue. On laisse séjourner, pendant dix à douze heures, une quantité quelconque d'eau de chaux avec le sixième de son poids de muriate d'ammoniaque, dans une bassine de cuivre. Le peu d'ammoniaque dégagé par la chaux dissout quelques parcelles de cuivre, et colore toute la liqueur de la couleur bleue dont cette dissolution est constamment nuancée. On peut faire l'eau céleste dans un vase de verre, en ajoutant un peu de limaille ou de copeau de cuivre, ou même d'oxide de ce métal, à l'eau de chaux et au muriate d'ammoniaque.

85. Le muriate suroxigéné de potasse brûle très-promptement et enflamme même le cuivre sans l'allumer, à la vérité, par le choc, mais seulement par le contact d'un corps embrasé, et sur-tout du charbon rouge.

Les phosphates, les fluates, les borates et les carbonates n'ont d'autre action sur le cuivre que par l'eau dans laquelle ils sont dissous; et cette action, comme beaucoup de celles qui ont été décrites jusqu'ici, est aidée singulièrement par le contact de l'air.

K. *Usages.*

86. Il n'y a point de métal qui soit plus utile que le cuivre après le fer auquel il cède, et dont il n'a pas toutes les propriétés et tous les états variables. Tout le monde sait qu'on fait une multitude d'instrumens et d'ustensiles avec le cuivre. Les vases qui vont au feu en sont sur-tout fabriqués, parce qu'il s'altère beaucoup moins que le fer, et parce qu'il est en même temps beaucoup plus facile à travailler. Ses alliages avec le zinc et l'étain sont employés pour un grand nombre de besoins des arts et de la vie. Malheureusement ce métal, dont on ne peut pas se passer, agit comme poison sur l'économie animale; et c'est un des corps qui menacent le plus notre existence. Il serait fort à desirer qu'on le proscrivît au moins dans les usages économiques et domestiques. Déja des lois sages l'ont défendu dans la vente du sel, du lait et de plusieurs alimens; mais il sera bien difficile de substituer les vases de fer battu, comme on l'a proposé, aux vases de cuisine en cuivre. Les fontaines, les réservoirs, les tuyaux, les robinets, faits avec ce métal ou ses alliages, ne sont pas moins dangereux que les casseroles, et souvent même ils sont plus pernicieux, parce qu'on ne les soigne pas autant qu'on le fait à l'égard des vaisseaux qu'on voit tout entiers, d'un seul coup-d'œil, et qui servent plusieurs fois par jour. On ne saurait prendre trop de soin, d'attention et de prudence dans l'usage de tous les ustensiles de cuivre. On verra par la suite que ses oxides sont extrêmement susceptibles de se dissoudre dans les graisses, les huiles et la plupart des corps gras qui servent aux apprêts de nos alimens. Un étamage fréquent est le plus sûr rempart contre ce terrible ennemi. A plus forte raison doit-on entièrement l'exiler de la matière médicale interne, et ne peut-on jamais se permettre de l'employer à l'intérieur du corps. On doit même ne l'appliquer

à l'extérieur que dans des circonstances rares, et ne le laisser séjourner que très-peu de temps sur la peau et en topique, lorsqu'il est indiqué, soit comme léger cathérétique, soit comme dessiccatif.

87. Malgré les dangers du cuivre, si redoutables et si connus, on a proposé et quelques médecins emploient plusieurs préparations cuivreuses à l'intérieur, sur-tout le sulfate de cuivre, l'oxide de cuivre ammoniacal, les fleurs ammoniacales cuivreuses : on a même été jusqu'à leur attribuer des propriétés très-énergiques et des succès presque merveilleux dans les maladies les plus difficiles à guérir, comme le cancer, la paralysie, les tumeurs intérieures, la dysphagie, etc. néanmoins, les médecins les plus sages et les plus prudens redoutent avec raison l'emploi de ces remèdes, toujours dangereux et si rarement utiles ; ils ne les prescrivent, à l'extérieur même, qu'avec la plus grande circonspection.

88. Outre les usages si variés et si multipliés du cuivre sous la forme métallique, on emploie plusieurs mines et plusieurs préparations de ce métal dans un grand nombre d'arts. Les sulfures pyriteux servent à la fabrication du sulfate de cuivre, par leur efflorescence spontanée et leur lixiviation ; on le fabrique encore en brûlant un mélange de soufre et de cuivre. On taille, on polit les malachites pour les bijoux ; on allie sans cesse le cuivre avec le zinc et l'étain, pour fabriquer le laiton, couler des statues, des cloches, des pièces d'artillerie, etc. Ses divers sels et oxides entrent dans la préparation des couleurs pour les peintres ; des bains, des apprêts et des mordans pour la teinture ; des émaux, des couvertes pour les poteries et les porcelaines, des verres colorés.

ARTICLE XX.

De l'argent.

A. *Histoire.*

1. Les quatre derniers métaux qui viennent d'être examinés appartiennent au quatrième genre de ces corps, à ceux qui sont en même temps et bien ductiles et facilement oxidables ; les trois derniers, dont il me reste à faire l'histoire, forment le cinquième et dernier genre de ces corps, par leurs propriétés éminemment ductiles et difficilement oxidables : aussi, à raison de ces deux caractères qu'ils réunissent à un très-grand degré, les a-t-on toujours distingués de toutes les autres matières métalliques par l'expression de *métaux parfaits*. Les alchimistes s'en sont formé des idées fort singulières. Ils les regardaient comme les substances les plus métallisées, comme les derniers et les plus parfaits termes de la métallisation, comme les métaux sur lesquels la nature avait épuisé tous ses efforts, versé en quelque sorte toute sa puissance, après l'avoir essayée sur toutes les substances métalliques précédentes : aussi, dans leur art toujours chimérique, quoique toujours rempli d'espérances, ils prétendaient imiter la nature en perfectionnant, par des travaux soutenus et longs, les métaux imparfaits ; en leur ajoutant, d'une part, ce qui leur manquait, et en leur ôtant l'espèce d'âcre ou de corps étrangers qu'ils avaient de trop ; en les mûrissant, en quelque manière, par leur incubation philosophique.

2. L'argent, connu des peuples anciens, et dont la découverte, pour son époque, a échappé même à la mémoire des hommes, est devenu de très-bonne heure, par sa rareté, sa beauté et toutes ses utiles propriétés, l'objet des recherches et

des travaux d'un grand nombre d'artistes et de savans. Il n'est pas étonnant que des hommes qui savaient faire prendre tant de formes diverses aux substances métalliques, et qui imitaient si souvent dans des alliages la blancheur et quelques-unes des propriétés de l'argent, aient eu depuis un temps très-reculé l'idée de créer par l'art ce métal précieux. En le comparant aux autres métaux blancs, il leur semblait qu'il n'en différait que par quelques qualités qu'il ne devait pas être impossible de procurer à ceux-là. De là l'antiquité de l'idée de la transmutation des métaux blancs en argent, et tous les travaux auxquels les alchimistes se sont livrés sur ce métal lui-même. Non découragés par leurs premières tentatives infructueuses, à mesure que ce métal précieux est devenu parmi les hommes le représentant de tous les autres objets, de toutes les productions de l'industrie, et même de celles du génie, les alchimistes ont redoublé d'efforts; et si leurs expériences et leurs laborieuses recherches n'ont point eu le succès qu'ils en attendaient, elles n'ont pas été à pure perte. C'est du sein de tous ces essais malheureux entassés par des travaux séculaires, que les chimistes ont tiré les faits qu'ils ont employés à son histoire, et ils n'ont eu, pour ainsi dire, d'autre travail à faire que de ranger dans un ordre méthodique, et de décrire clairement les phénomènes que ce métal avait présentés dans les tortures de tout genre auxquelles les chimistes l'avaient soumis.

3. Tandis que les alchimistes, en nommant l'argent *Lune* ou *Diane*, le qualifiaient, par le signe même qu'ils lui consacraient, comme une sorte de demi-or, qu'ils le représentaient par deux lignes demi-circulaires accolées dans le même sens, les cornes tournées à gauche; de manière qu'il suffisait de retourner la courbe intérieure et de l'unir à l'extérieure pour en faire la figure circulaire, signe caractéristique de l'or, dont ils le croyaient réellement très-voisin, puisqu'il ne fallait que développer une de ses parties pour le faire passer à cet état

d'or, dernier terme de la perfection métallique ; les artistes docimastiques et métallurgistes, plus sages et plus utiles, travaillaient sans relâche à purifier l'argent, à le séparer complétement d'avec tous les autres métaux, à le bien connaître dans son état de pureté, à l'extraire sans perte du grand nombre de minéraux dans lesquels la nature l'a placé, à l'allier avec d'autres métaux pour y ajouter quelques propriétés utiles, et pour faire participer ces métaux à quelques-unes de ses bonnes qualités. Leurs importans travaux, suivis d'un succès qui a multiplié l'argent dans la société, et qui en a étendu les nombreux usages, n'ont pas moins servi aux chimistes pour construire le système de leur science. Les opérations pharmaceutiques elles-mêmes, quoique bien moins nombreuses sur l'argent que sur tous les autres métaux précédens, ont servi à augmenter les connaissances chimiques sur ce métal ; et c'est de cet ensemble de travaux que s'est formée peu à peu l'histoire de ce métal important.

4. L'argent a occupé en particulier un grand nombre de chimistes. Henckel, Cramer, Lehman, Kunckel, Hellot, Tillet, etc., l'ont considéré comme essayeurs ou métallurgistes ; Bergman en a examiné avec soin les mines par l'analyse à voie humide ; Lewis en a fait un traité particulier, spécialement sous le rapport de ses usages dans les arts. La chimie pneumatique française en a singulièrement éclairé les propriétés : c'est par son secours que Van-Marum a trouvé le moyen de le brûler à l'aide de l'étincelle électrique foudroyante, qu'on a déterminé son oxidation au foyer des miroirs ardens, timidement entrevue et annoncée par Homberg et Macquer ; c'est elle qui a expliqué sa difficile combustion et sa réduction facile, qui a fait découvrir au citoyen Berthollet la singulière et presque étonnante préparation de l'argent fulminant. Tandis que ses propriétés ont été bien mieux connues et bien mieux expliquées qu'elles ne l'avaient jamais été, elles ont également servi à agrandir le domaine de la science et la doctrine pneumatique.

B. *Propriétés physiques.*

5. L'argent est d'une belle couleur blanche et d'un brillant extrêmement vif. Soit bruni, soit mat, ce métal est le plus beau que l'on connaisse, et il l'emporte même sur l'or par cette propriété, au moins pour la plupart des hommes. Il plaît en général beaucoup plus que toute autre substance métallique. Il n'y a aucun métal qui approche de son éclat; il ne tient que le cinquième rang parmi les métaux pour la densité, et la pesanteur spécifique; il vient après le platine, l'or, le tungstène, le mercure et le plomb. Sa pesanteur est représentée par 10.474, suivant le citoyen Guyton. Muschenbroëck l'estimait depuis 11.091 dans un des échantillons les plus denses, jusqu'à 10.253 dans un des plus légers; et Boerhaave depuis 10.535 jusqu'à 11.087. Ces différences du *minimum* au *maximum* dépendent de l'état de fusion et de celui d'argent forgé.

Sa dureté l'a fait placer entre le fer et l'or; elle augmente par l'action du marteau ou par la pression. Son élasticité est assez grande, et il occupe par cette propriété le rang entre l'or et le cuivre. Il est un des plus sonores et fait entendre un son très-aigu, quand on le frappe; aussi ai-je fait remarquer dans l'histoire des alliages du cuivre qu'on l'ajoutait quelquefois au métal de cloches.

6. La ductilité de l'argent est une de ses propriétés les plus marquées; il vient immédiatement après l'or et le platine. On en fait des feuilles si minces que le vent les emporte facilement, et des fils d'une finesse extrême : aussi se sert-on de l'exemple de l'argent en physique pour prouver la divisibilité de la matière. Un grain d'argent peut être assez étendu et cependant assez ferme pour faire un vase hémisphérique qui tient une once d'eau, et un fil de quatre cents pieds de longueur. C'est sur cette extensibilité étonnante qu'est fondé l'art du batteur d'or et d'argent. Il tient le second rang après

l'or pour la ténacité ou la résistance à se briser. Un fil de ce métal, d'un dixième de pouce de diamètre, soutient un poids de 270 livres avant de se rompre. Ce fil s'alonge beaucoup avant de se briser. L'argent s'écrouit par tous les genres de pression ; mais il reprend facilement toute sa première ductilité par l'action du feu ou par le recuit.

7. L'argent est très-bon conducteur du calorique, et s'échauffe très-promptement. Sa dilatabilité par le feu est un peu moindre que celle du plomb et de l'étain, et plus grande que celle du fer. Quand l'argent a été dilaté par la chaleur, et quand on le pousse au feu jusqu'à le faire rougir à blanc ou jusqu'à l'incandescence, il se ramollit et coule. Sa fusibilité a été estimée par Mortimer au millième degré du thermomètre de Fahrenheit. Le citoyen Guyton l'estime à 23 degrés du pyromètre de Weedgvood. Quand l'argent est fondu, si on le laisse refroidir lentement, il offre à sa surface des réseaux et des feuilles de fougère qui annoncent une cristallisabilité bien prononcée. Je l'ai vu bien des fois présenter à la surface des boutons de coupelle, des tranches hexaèdres. On trouve, en le cassant, un tissu grenu qui tient à la même propriété. Mongez le jeune et Tillet sont parvenus, en faisant écouler d'une grande masse d'argent fondu une portion liquide, à l'obtenir cristallisé en pyramides quadrangulaires ou en octaèdres, et il affecte la même forme dans la nature, comme je le ferai voir plus bas.

8. Quand l'argent est fondu, si on augmente la quantité du calorique, ou si on le chauffe davantage, il bouillonne en bout véritablement, et se réduit en vapeur : c'est pour cela qu'on trouve de l'argent condensé en grains ou en espèces de rognons dans les cheminées des monnoies ou des orfèvres. Quand l'argent est bien fondu, sa surface est si brillante par la lumière qu'elle réfléchit, qu'on croit en voir sortir des étincelles ; aussi nomme-t-on ce phénomène l'*éclair* ou *coruscation* dans l'art de l'essayeur. On voit l'argent s'élever en

vapeur, en bouillonnant et en s'agitant d'un mouvement circulaire, quand on le tient quelque temps fondu au foyer d'un verre ardent. Si l'on expose à cette vapeur une lame d'or, elle est promptement recouverte d'une couche d'argent mat que l'on peut brunir par la pression. Le citoyen Darcet, ayant exposé de l'argent pur dans des creusets de porcelaine au feu de la manufacture de Sèvres, a constamment remarqué qu'à cette forte chaleur le métal se dilatait et se boursouflait avec tant de force que les creusets étaient brisés.

9. L'argent est très-bon conducteur de l'électricité et du galvanisme, et il réussit très-bien dans l'un et l'autre de ces deux genres d'expériences. Il n'a ni odeur ni saveur sensibles; il ne produit non plus aucun effet sur l'économie animale; et s'il ne peut pas être regardé comme dangereux pour la santé, il doit également être compté au nombre des substances parfaitement inertes, et ne jouissant d'aucune propriété médicamenteuse.

C. *Histoire naturelle.*

10. La nature n'offre point l'argent ni aussi abondamment, ni dans autant de lieux, ni en aussi grandes masses que la plupart des autres substances métalliques. Le nombre des espèces même qu'on peut distinguer parmi les mines de ce métal, est infiniment plus borné que celui qu'on doit reconnaître dans la plus grande partie des autres métaux. Les minéralogistes qui ont encore compté ici ses variétés pour des espèces, ont commis de plus une autre erreur : c'est d'avoir suivi de trop près les erremens et la manière de voir des mineurs. Ceux-ci regardant comme mines d'argent toutes les mines qui peuvent fournir ce métal précieux, de quelque nature qu'elles soient, ils ont qualifié de ce nom de véritables mines de cobalt, de zinc, de plomb, etc. : de là vient que leurs ouvrages très-volumineux renferment beaucoup de doubles

emplois, en obscurcissant d'ailleurs l'histoire naturelle de l'argent.

11. Bien convaincu de cette source d'erreurs, j'ai adopté cinq espèces seulement de mines d'argent bien différentes l'une de l'autre, telles qu'elles ont été désignées dans l'esquisse de minéralogie par le citoyen Haüy; et je distingue avec lui,

A. L'argent natif;

B. L'argent antimonié;

C. Le sulfure d'argent: ces trois premières contenant l'argent à l'état métallique;

D. Le sulfure d'oxide d'argent et d'antimoine;

E. Enfin le muriate d'argent. Je vais suivre cette division des cinq mines d'argent, à laquelle quelques prétendues espèces se rapporteront comme variétés. Ces cinq espèces n'offrent point d'oxide d'argent isolé.

12. *L'argent natif*, reconnaissable à sa couleur, à sa ductilité, à sa pesanteur, est souvent terne, gris, noirâtre; mais la pression lui redonne son éclat. On y trouve beaucoup de variétés de forme; quelquefois en masses irrégulièrement arrondies ou en rognons, il est souvent en filets capillaires contournés, en lames, en réseaux comme des toiles d'araignée, en végétations, en octaèdres groupés, en feuilles de fougère, en cubes. Semé le plus souvent sur une gangue quartzeuse, on le trouve quelquefois dans des terres grasses. Il a aussi pour gangues d'autres mines, et sur-tout celles de cobalt. Il existe particulièrement au Pérou, au Mexique, dans l'intérieur de l'Afrique, à Konsberg en Norwège, à Johan Georgenstadt et à Ehreinfriedersdorf en Saxe, à Sainte-Marie, à Allemont en France. Quoique ce métal natif soit bien placé dans cette première espèce, il faut remarquer que l'argent n'y est pas bien pur, et qu'on pourrait en distinguer quelques variétés comme alliages. Souvent en effet l'argent natif contient de l'or, du cuivre en combinaison intime. Il ne faut pas, à la vérité, confondre avec cet alliage naturel le mélange d'argent avec

les molécules d'autres métaux; mélange qui n'est alors qu'accidentel, susceptible lui-même de beaucoup de modifications, et dont on ne peut pas faire de variétés en minéralogie.

13. L'*argent antimonié*, ou la mine d'argent blanche antimoniale de Romé-Delisle et de la plupart des minéralogistes, est fort semblable à l'argent natif par sa couleur et son éclat. Quoique sa couleur soit souvent altérée par une teinte jaunâtre ou rougeâtre, ou que sa surface soit recouverte d'une pellicule noirâtre et matte, la plus légère fracture fait reparaître son brillant, qui égale quelquefois celui de l'argent bruni. Sa structure lamelleuse et sa fragilité le distinguent de l'argent natif. Sa pesanteur spécifique, suivant le citoyen Haüy, est de 9.440. On le trouve en prismes cannelés qui se rapprochent de l'hexaèdre régulier. Quoique Deborn indique cette mine comme une combinaison d'argent, d'arsenic et d'un peu de fer, Bergman n'y a trouvé que de l'argent et un peu d'antimoine qu'il y croyait même accidentel. Le citoyen Vauquelin, en essayant un fragment au chalumeau, y a trouvé des indices d'antimoine, et a obtenu un culot d'argent pur ductile, qui formait plus des trois quarts de la totalité de la mine. Le citoyen Haüy a trouvé, d'après le calcul de la pesanteur spécifique de l'argent antimonié, et d'après celle de l'argent et de l'antimoine purs, que cette pesanteur indiquait à peu près quatre pour l'argent et un pour l'antimoine; et il paraît que ce rapport ne s'éloigne pas beaucoup de ce que la mine fournit par l'analyse. On voit bien que cette mine est encore une espèce d'alliage.

14. *Le sulfure d'argent* est ce que les minéralogistes ont nommé *mine d'argent vitreuse*. Elle est communément sous la forme du cube ou de l'octaèdre, soit entier, soit avec des facettes angulaires; il y a une variété en dodécaèdre à plans rhombes. Cette mine se laisse entamer et facilement couper au couteau. Sa couleur est ordinairement un gris noirâtre métallique, quelquefois brune, verdâtre ou jaunâtre. Elle se fond

facilement. A une chaleur douce, le soufre se dissipe sans fusion, et l'argent y prend, par le ramollissement simple, et sans couler, la forme de filets ou de végétations. On la trouve souvent mêlée avec d'autres mines d'argent. Elle donne depuis 70 jusqu'à 84 parties d'argent sur 100. Ce métal y est uni au soufre à l'état métallique ; quelquefois elle est mélangée d'argent natif qui s'en élève sous forme de dendrites, et parsemée d'argent rouge.

15. *Le sulfure d'oxide d'argent et d'antimoine* est la mine d'argent rouge, ou simplement l'*argent rouge* des minéralogistes. Cette mine est d'un rouge foncé, quelquefois transparent, quelquefois presque opaque, souvent brillant comme de l'acier à sa surface. Sa forme primitive est le dodécaèdre rhomboïdal qui produit plusieurs variétés par les lois de décroissement. On la trouve dans presque tous les lieux où l'argent est abondant, mais sur-tout à Freyberg en Saxe, etc. Elle a été long-temps regardée comme de l'argent minéralisé par l'arsenic, et même comme un véritable arseniate de potasse : Bergman en a même donné les proportions. M. Klaproth est le premier chimiste qui ait annoncé, d'après une analyse plus exacte, qu'elle contenait du soufre et de l'antimoine uni à l'argent. Le citoyen Vauquelin a repris ce travail, et il a donné, dans le journal des mines (n°. 17. Pluviôse an 4), une analyse très-exacte et très-bien faite de ce minéral. Il a fait voir qu'il était formé de soufre, d'antimoine et d'argent, tous deux à l'état d'oxides, qu'il ne contenait pas d'acide sulfurique, comme M. Klaproth l'avait cru ; mais que cet acide se formait, soit à l'aide de la chaleur par l'union d'un peu d'oxigène des métaux avec le soufre, soit par la combustion d'une petite quantité de ce dernier à l'aide de l'acide nitrique employé dans cette analyse. Il l'a traité par l'acide nitrique, qui en a dissous l'argent sans dégagement d'acide nitreux ; ensuite par l'acide muriatique qui a dissous l'antimoine, et laissé le soufre séparé. Il l'a aussi traité par la potasse caustique en

dissolution ; celle-ci en a dissous la portion antimoniée avec un peu de soufre. Il résulte de son analyse que l'argent rouge est formé d'argent 0.54 à 0.57, d'antimoine 0.15 à 0.16, de soufre 0.15 à 0.17, et d'oxigène environ 0.12. Il contient quelquefois un peu d'arsenic, qui ne va pas à plus de 0.02. Chacun des métaux composans cette mine a été obtenu dans l'état métallique en particulier. L'auteur conclut de son travail que l'argent rouge est une combinaison quadruple d'argent, d'antimoine, de soufre et d'oxigène ; que l'oxide d'antimoine y est à l'état voisin de celui de kermès, qu'il lui manque cependant un peu d'oxigène pour le rendre bien dissoluble dans les alcalis, où il ne le devient qu'à la faveur de celui que l'argent lui fournit ; que, dans ce dernier cas, il devient noir, opaque et capable de donner du gaz nitreux avec l'acide nitrique ; que quelquefois l'argent rouge est naturellement à cet état de moindre oxidation, opaque et dissoluble, avec dégagement de gaz nitreux dans cet acide. Il tire encore cette conclusion générale importante : c'est que les sulfures métalliques sont opaques, striés et métalliformes quoique cassans, et que les oxides métalliques sulfurés sont transparens, comme vitreux, et que les différentes nuances que ces composés présentent depuis la diaphanéité parfaite jusqu'à l'opacité entière, tiennent immédiatement aux quantités variées d'oxigène auquel ces corps sont unis. On voit que le citoyen Vauquelin a porté plus de précision et de clarté dans l'histoire chimique de ce minéral, que M. Klaproth, auteur de la première découverte de la nature de cette mine, n'en avait mis.

La mine d'argent noire n'est, suivant Lehman et le citoyen Haüy, qu'une variété ou une sorte de dépendance du sulfure d'oxide d'argent et d'antimoine, une sorte d'état moyen entre l'argent rouge et le sulfure d'argent. L'argent noir est souvent encore une décomposition du *cuivre gris argentifère*.

16. Le muriate d'argent, nommé *argent corné*, mine d'argent cornée par la plupart des minéralogistes, est la dernière mine de ce métal distinguée par le citoyen Haüy. Il est en masses irrégulières ou en cubes très-rares, d'un gris presque toujours opaque, quelquefois demi-transparent. On le trouve d'un gris jaune, quelquefois brunâtre ou rosé. Il est mou, facile à broyer, se coupe au couteau, se fond à la flamme d'une bougie. Sa poussière est blanchâtre, mais il devient bientôt brun et noir par le contact de la lumière. Il présente d'ailleurs toutes les propriétés du muriate d'argent artificiel. Souvent on le trouve rempli de filets ou de morceaux irréguliers d'argent natif. Tous les minéralogistes depuis Cronstedt sont d'accord sur sa nature. M. Voulf y a trouvé un peu de sulfate d'argent; mais comme celui-ci est toujours mêlé au muriate d'argent, on ne doit pas en faire une espèce ni même une variété distinctes.

17. A ces cinq espèces, qui sont les seules mines d'argent bien distinctes et bien caractérisées qu'on doive admettre, on peut ajouter comme appendices, sur-tout sous le rapport de la docimasie et de la métallurgie, toutes ces mines étrangères à sa propre nature, qui ne contiennent que peu d'argent, et auxquelles, à cause de l'espèce de prérogative ou de prééminence que ce métal, ainsi que l'or, a depuis long-temps parmi les hommes, on a souvent donné le nom de *mines d'argent*, quoique, d'après les principes établis dans la science chimique, on ait dû les rapporter à d'autres métaux. Telles sont la *mine d'argent grise*, la mine d'argent *figurée en épis*, etc., qui n'est que le cuivre gris argentifère; *la mine d'argent blanche*, dénomination fort équivoque, comme le remarque le citoyen Haüy, appliquée à plusieurs substances différentes, telles que l'argent antimonié, le cobalt arsenié, le fer arsenié, le cuivre gris, tous trois argentifères; *la mine d'argent grise antimoniale*, qui n'est que le sulfure d'antimoine argentifère; *la mine d'argent en plumes*, qui appartient au même sulfure d'antimoine; *la*

mine d'argent zinqueuse de Wallerius, qui est du sulfure de zinc argentifère ; *la mine d'argent merde d'oie*, qui n'est qu'une mine de cobalt en décomposition, mêlée d'argent ; *la mine d'argent molle* de Wallerius, ou argent natif semé dans des terres ; le *nigrillo* des Espagnols, variété de la mine d'argent noire indiquée dans l'histoire de l'argent rouge ; les pyrites argentifères qui appartiennent à divers sulfures métalliques où l'argent est accidentellement disséminé.

D. *Essais et travaux métallurgiques.*

18. L'essai des mines d'argent est un des plus intéressans que l'on puisse faire, à cause du prix de ce métal. Il doit varier suivant la nature diverse de ses mines. Si c'est de l'argent natif, après l'avoir pilé et lavé, on peut broyer ce métal avec du mercure coulant qui dissout l'argent, par une forte trituration ; on exprime cette amalgame pour en séparer la portion de mercure excédente ; on distille ensuite l'amalgame, on la chauffe dans un creuset pour volatiliser le mercure : l'argent reste pur. La mine d'argent antimonié et le sulfure d'argent doivent être grillés fortement pour en séparer l'antimoine et le soufre : on les fond ensuite avec une quantité proportionnée de flux alcalin ; on peut traiter à peu près de la même manière l'oxide d'argent antimonié et sulfuré, ainsi que l'argent rouge dont le soufre et l'antimoine sont enlevés par l'alcali, et dont l'argent isolé se fond.

19. Dans tous ces cas l'argent n'est pas pur ; et comme il est très-important de l'avoir dans cet état, on emploie un procédé qui fait la principale base de l'essai de ce métal, parce qu'il en sépare les métaux étrangers, le cuivre, le fer, etc. et parce qu'il le laisse parfaitement isolé et seul. Ce procédé est fondé sur la propriété dont jouit le plomb de s'oxider et d'entraîner dans son oxidation et la vitrification qui en est la suite, les métaux étrangers à l'argent, tandis que celui-ci n'éprouve

nulle altération. Pour le mettre en pratique on se sert d'un vaisseau plat, fait comme une petite coupe, et qu'on appelle coupelle. Ce vase est fabriqué avec de la poudre d'os calcinés, détrempée dans l'eau et frappée dans un moule de cuivre. Cette matière poreuse absorbe avec beaucoup de facilité l'oxide de plomb vitrifié. On place sur le bassin de la coupelle l'argent qu'on veut purifier et coupeller, renfermé dans une lame de plomb pesant ordinairement le double du poids de l'argent. Ce vaisseau est introduit sous une espèce de four de terre, soutenu sur des barres de fer dans le milieu d'un fourneau carré, qu'on nomme fourneau de coupelle. Les charbons allumés entourent la mouffle sans pénétrer dans son intérieur, parce qu'elle n'est percée que vers son fond et sur ses côtés; ce qui ne permet point à la matière combustible de tomber dans cette espèce de four. Ses parois minces sont bientôt échauffées et même rougies. Le plomb et l'argent placés dans la coupelle se fondent et forment un alliage fluide, qui, par la continuité et l'énergie du feu, laisse peu à peu oxider, volatiliser et vitrifier le plomb. On dirige le feu de manière que la matière fondue ne soit pas trop rouge, que le plomb ne se sublime point trop rapidement, ou ne passe pas trop vîte dans la coupelle: car dans ce cas il n'enlève point exactement tous les métaux oxidables contenus dans l'argent; on veille aussi à ce qu'il ne soit pas trop peu chauffé, pour qu'il ne reste pas une partie du plomb combiné avec ce métal. Pour cela on met des charbons allumés au-devant de l'ouverture de la mouffle pour l'échauffer également par-tout. En considérant avec attention ce qui se passe dans le bassin de la coupelle, on voit l'alliage s'agiter, tourner à sa surface, présenter des espèces de gouttelettes ou de taches d'une autre nuance de rouge qui vont toujours en diminuant à mesure que les métaux oxidables se subliment ou pénètrent dans les pores de la coupelle. Quand l'opération approche de sa fin, l'argent pur qui commence à se montrer, brille dans quelques points d'un éclat plus vif

que l'alliage ; la partie brillante s'étend du bord au centre ; enfin toute la surface de l'argent découverte présente, au moment où la dernière molécule du plomb s'en dégage, une espèce d'éclair que l'on nomme *coruscation.* Alors l'essai est fait. On retire peu à peu la coupelle du fond de la mouffle où on l'avait enfoncée, afin de l'approcher à mesure de la partie la moins chaude, et cependant de ne la pas refroidir subitement : car dans ce cas la surface du bouton d'argent se figeant subitement et se condensant beaucoup, comprime la portion encore liquide, et la chasse quelquefois avec explosion ; accident qui disperse une partie de ce métal en globules qu'on apperçoit sur le bassin, et qu'on nomme *coupelle hérissée* : en sorte qu'elle ne mérite pas beaucoup de confiance, et qu'on est obligé de recommencer l'essai. Il ne s'agit plus ensuite que de bien nettoyer le bouton quand il est rond et entier, de le brosser pour n'y laisser aucun corps étranger, et de le peser à des balances très-justes. Il n'est pas nécessaire de dire ici qu'on a également pesé d'abord avec beaucoup d'exactitude la portion d'argent qu'on a soumise à la coupellation. Pour savoir à quel titre était l'argent, ou combien de métaux étrangers l'oxidation et la vitrification lui a enlevés, on divise la masse qu'on en a prise en parties décimales ou centésimales, qui permettent d'apprécier les quantités les plus petites des alliages : car il est aisé de concevoir qu'on emploie l'opération de la coupelle sur de l'argent allié artificiellement, aussi bien que sur ce métal extrait de ses mines. On supposait, avant l'adoption des poids républicains et des nouvelles mesures, la quantité d'argent mis à coupeller, divisée en douze parties qu'on nommait *deniers :* si elle avait perdu un douzième de son poids, on disait que l'argent était à onze deniers. Après cette opération la coupelle chargée de verre de plomb, mêlée de cuivre ou de métal étranger qui existait dans l'argent, est très-lourde et ordinairement colorée en verdâtre par l'oxide cuivreux. Ces oxides y entraînent ordinairement un peu d'argent,

mais dont la petite quantité n'influe pas sur l'exactitude de l'essai et sur le titre du *bouton de retour :* c'est ainsi qu'on appelle l'argent obtenu par la coupellation. Quelque petite que soit cette quantité de fin, on ne la perd pas, et on sait la retrouver dans les laboratoires où l'on fait une grande suite de ces opérations. Pour cela on pulvérise toutes ces coupelles chargées de verre de plomb, et qu'on nomme *cendrées ;* on en réduit le métal à l'aide du flux réductif ; on passe ce plomb à une coupellation plus en grand, et on en extrait ainsi la plus grande partie de l'argent qu'elle contient. Pour être sûr de l'exactitude de l'essai, on a coutume aussi de coupeller en particulier le plomb qui y est employé ; et s'il donne un petit globule d'argent qu'on appelle *le témoin*, on a soin d'en défalquer le poids de celui du bouton de retour qu'on obtient. L'argent coupellé, bien séparé des métaux oxidables, peut contenir de l'or. On verra dans l'histoire de ce dernier métal comment on l'en sépare et on en détermine la proportion. Quelquefois on emploie du bismuth au lieu de plomb pour faire la coupellation ; il réussit aussi bien que ce dernier ; mais il n'y a que lui qui peut servir à cette opération : aucun autre métal ne peut remplacer l'un ou l'autre de ces métaux, très-fusibles, très-oxidables et très-vitrifiables. Tous les autres restent plus ou moins abondans avec l'argent, se boursouflent, décrépitent, forment des scories soulevées, des champignons, des végétations, et dispersent l'argent sur la coupelle.

20. Quelqu'exacts et quelque bien appropriés à la connaissance des mines d'argent que soient les divers procédés précédens par la voie sèche, ils ne suffisent pas pour des chimistes instruits, et ils ne peuvent jamais remplacer une véritable analyse de ces mines. Bergman, M. Klaproth, et le citoyen Vauquelin ont donné successivement de très-bonnes méthodes pour connaître les divers états de l'argent dans la nature, et pour en analyser les mines. Il faut faire cepen-

dant quelques corrections à ce que Bergman a consigné sur les essais exacts dans sa Dissertation sur la docimasie humide. L'argent natif contient de l'or ou du cuivre, ou ces deux métaux à la fois ; l'argent et le cuivre se dissolvent facilement dans l'acide nitrique ; l'or reste en poudre brune ou noire au fond de cet acide ; on précipite le cuivre par le moyen du fer : mais comme celui-ci sépare aussi une portion de l'argent, je conseille de précipiter ce dernier par le cuivre en le ramassant et le pesant avec soin ; ce qui manquera du poids de la mine essayée appartiendra au cuivre, moins la portion d'or, s'il s'en est précipité en poudre dans la dissolution.

21. L'argent antimonié est essayé et connu facilement, dans sa nature comme dans ses proportions, par l'acide nitrique qui dissout le premier métal et oxide le second en poudre blanche indissoluble dans cet acide, ou par l'acide nitro-muriatique qui, employé en suffisante quantité, dissout l'oxide d'antimoine qu'il forme, et laisse l'argent précipité en muriate d'argent. On peut aussi comparer l'action du chalumeau qui sublime tout l'antimoine en oxide blanc, et laisse l'argent pur et ductile. Je propose encore la détonation avec le nitre dans un vaisseau bien clos ; tout l'antimoine est oxidé, et l'argent se fond en se rassemblant au fond du creuset. Ce procédé peut convenir à plusieurs autres mines d'argent.

22. Le sulfure d'argent, bien pulvérisé, est traité par l'ébullition dans vingt-cinq fois son poids d'acide nitrique un peu affaibli. On le reprend plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que tout l'argent soit dissous, et que le soufre reste pur au fond du dissolvant. On précipite l'argent par le muriate de soude : cent trente parties de précipité répondent assez exactement à cent de ce métal. La liqueur qui surnage contient les métaux étrangers à l'argent ; on les sépare par le prussiate de potasse ou par le carbonate de soude, ou à l'aide du fer ou du zinc. On pèse aussi le soufre à part. S'il contient un peu de gangue, on le traite par l'alcali, qui le dissout sans toucher aux terres lorsqu'on le prend un peu étendu d'eau.

23. On a vu plus haut comment le citoyen Vauquelin est parvenu à déterminer la nature et les proportions des principes de l'argent rouge, ou oxides d'argent et d'antimoine sulfurés. L'acide nitrique l'acide muriatique et l'alcali fixe sont les trois dissolvans qu'il a employés avec le plus de succès, le premier pour dissoudre l'argent, le second pour enlever l'oxide d'antimoine, et l'alcali pour assurer la présence du soufre. Bergman s'est trompé sur cette mine quand il l'a présentée comme contenant spécialement de l'arsenic. Sa méthode, illusoire à cet égard, ne doit donc pas être présentée ici. Je ne dois pas plus faire connaître ses procédés pour analyser les mines d'argent blanches, la mine sulfureuse antimoniée, parce que j'ai parlé de l'essai humide de ces mines à l'article du cuivre.

24. Quant au muriate d'argent, s'il est mêlé de sulfate d'argent on le traite par l'acide muriatique, qui décompose ce sel et qui en laisse l'acide sulfurique dissous ; on détermine la quantité de celui-ci par le nitrate ou le muriate de barite, et par le poids du sulfate indissoluble que l'on obtient. Le muriate d'argent est traité par deux ou trois fois son poids de carbonate de soude dans un creuset, ou à froid et à l'aide de la trituration par le carbonate d'ammoniaque, l'eau et le mercure : ce dernier procédé de Margraff fournit du muriate d'ammoniaque dissous, et une amalgame d'argent. J'en reparlerai plus bas en traitant du muriate d'argent factice, auquel le naturel ressemble dans toutes ses propriétés.

25. Il y a quelques ressemblances entre ce qui a été dit des essais de l'argent au feu et le traitement en grand des mines de ce métal. On suit trois méthodes générales d'extraire l'argent des minérais qui le contiennent. L'une consiste à les triturer par le mercure coulant dans des moulins construits exprès ; on lave bien l'amalgame qui en provient, pour en séparer toute la gangue terreuse ; on l'exprime à travers des peaux pour faire couler tout le mercure

encore liquide ; on la distille ensuite dans une cornue de fer. Ce procédé d'amalgamation est employé spécialement pour les minérais très-riches en argent natif : c'est ainsi que les Espagnols transportent leur mercure d'Almaden dans le Pérou pour en traiter les mines. Depuis quelques années , et par les soins du baron de Born , on l'a pratiqué sur plusieurs mines de Hongrie, en y ajoutant l'action de plusieurs autres matières propres à séparer en même temps les autres substances étrangères unies à l'argent ; mais ce procédé n'est pas encore assez perfectionné pour remplacer entièrement ceux auxquels on l'a substitué.

26. Les mines d'argent sulfuré sont grillées , et ensuite fondues avec du plomb pour être raffinées par la coupellation. C'est ce qu'on pratique pour les mines riches. Quant à celles qui ne contiennent que peu d'argent, on les fond, sans grillage préliminaire, avec des pyrites : il faut noter que ce sont presque toujours des cuivres gris; il en résulte alors une espèce de matte qu'on nomme fonte crue ; on la traite par la liquation , et le plomb argentifère qui en provient est coupellé , pour en obtenir l'argent pur. La coupellation en grand, qui est presque toujours le dernier terme des opérations que l'on fait sur les mines de ce métal, diffère de celle qui se pratique en petit , en ce que sur le fond creusé en bassin d'un grand fourneau , et chargé de cendre poreuse qui peut recevoir et absorber une portion de l'oxide de plomb , l'alliage de ce métal et de l'argent est promptement et fortement scorifié par le vent des soufflets, qui, à mesure que le plomb est oxidé et vitrifié, chasse les petites écailles de cet oxide vers les voies de la litharge, comme je l'ai dit à l'article du plomb.

E. *Oxidabilité par l'air.*

27. L'argent pur, exposé à l'air , y reste sans altération sensible , excepté celle de son poli et de son brillant ; il devient moins vif et un peu terne à sa surface , mais sans s'oxider. Il ne faut pas confondre l'espèce d'enduit ou de couche bleue

foncée qui se forme sur les vieilles argenteries exposées long-temps au contact de plusieurs gaz mêlés à l'air, couche, qui, d'après l'examen qu'en a fait M. Proust, n'est que du sulfure d'argent. On a cru long-temps que l'argent était parfaitement indestructible par le contact de l'air, même à l'aide d'une chaleur très-forte, et c'était pour cela qu'on le rangeait parmi les métaux parfaits. Plusieurs chimistes, et spécialement Juncker, avaient avancé qu'en traitant l'argent par une réverbération longue, à la manière d'Isaac le hollandais, et dans un fourneau où la flamme fût circulante au-dessus du métal, l'argent finissait par se convertir en un oxide vitriforme. On a même ajouté, qu'uni au mercure et divisé par ce métal liquide, il s'oxidait par les procédés dont on a coutume de se servir pour convertir le mercure en oxide rouge; et cela n'est pas invraisemblable.

28. Beaucoup d'expériences faites depuis l'assertion de Juncker et par des procédés différens, ont prouvé que l'argent est réellement oxidable, mais seulement qu'il l'est beaucoup moins et beaucoup plus difficilement que les autres métaux. Macquer a remarqué le premier cette oxidation en soumettant de l'argent dans un creuset à la forte chaleur du four de Sèvres, pendant vingt fois de suite. A cette dernière fois, il y avait des traces bien sensibles d'oxidation, et une vitrification en une couleur olivâtre. Le même phénomène ou un phénomène analogue a été observé par le citoyen Darcet dans un creuset de porcelaine, où de l'argent avait été exposé à la même chaleur du fourneau de Sèvres; en même temps que ce métal s'est boursoufflé et a déchiré le creuset, la portion qui avait coulé au dehors de ses parois s'est oxidée et vitrifiée en jaune. Macquer n'a jamais manqué d'observer, en traitant de l'argent au foyer d'une lentille ardente, qu'après une longue incandescence, il se couvrait d'une poudre blanche qui formait un enduit d'une couleur verte sur le support de l'argent. Homberg, dans les premières expériences à la lentille de Tchirnhausen,

avait fait la même observation sur l'argent et sur l'or. On ne peut douter que ces faits n'indiquent une oxidation prononcée de l'argent, et qu'ils deviennent beaucoup plus forts et concluans, si on les rapproche des expériences nouvelles dont je vais rendre compte.

29. C'est au citoyen Van-Marum, qui a fait tant de recherches précieuses sur les effets de l'électricité avec la belle machine de Teyler, qu'est due la connaissance de la combustion et même de l'inflammation de l'argent : en faisant passer par un fil de ce métal une étincelle foudroyante, tout-à-coup le fil est réduit comme en poussière avec une flamme blanche un peu verdâtre, qui passe aussi rapidement que l'éclair, et l'oxide manifestement formé dans cette opération se dissipe en fumée. Si l'on fait la même opération en enfermant le fil ou en l'attachant sur un papier blanc, il s'y attache en une poussière très-fine, d'un gris verdâtre, si fine et si adhérente qu'elle ressemble à de la fumée, ou à un enduit léger qu'on ne peut plus enlever. Il est impossible de douter ici et de l'état d'oxidation de l'argent, puisqu'il a perdu toute sa forme métallique, et de sa combustibilité, puisque le phénomène est constamment accompagné de flamme. On peut attribuer cet effet, que ne produit point le feu ordinaire, quelque violent qu'il soit, à l'extrême division du métal par la secousse électrique, et à la haute température qui est produite par la commotion électrique dans le corps qui en est frappé. La chûte du tonnerre sur des fils d'argent et sur des meubles argentés fait naître absolument le même phénomène, et donne lieu aux mêmes résultats.

30. L'oxide d'argent formé par ces différens procédés, et qui est si difficile à obtenir est d'ailleurs extrêmement facile à réduire, et l'argent tient très-faiblement à l'oxigène. Quoique la présence de ce corps en augmente le poids, en change les propriétés, et sur-tout le rende âcre et caustique, il suffit d'exposer ces oxides gris verdâtres ou jaunâtres au contact

des rayons solaires, pour qu'ils se foncent en couleur, noircissent et se rapprochent de l'état métallique. En les chauffant dans des vaisseaux fermés et avec l'appareil pneumato-chimique, on en obtient du gaz oxigène pur, et on les convertit aisément en métal brillant et ductile en les faisant fondre dans un creuset.

F. *Union avec les corps combustibles.*

31. L'argent s'unit à presque tous les corps combustibles simples, excepté l'azote, l'hidrogène, le carbone et le diamant. L'hidrogène et le carbone décomposent promptement et facilement ses oxides, quelquefois même sans avoir besoin du secours de la chaleur : c'est ainsi que le gaz hidrogène reçu sur des papiers ou des taffetas imprégnés de dissolutions d'argent dans les acides, en sépare l'oxide à l'état métallique et brillant. Le carbone produit le même effet à la température rouge.

32. Pelletier a le premier fait connaître la combinaison de l'argent avec le phosphore. Une partie d'argent en limaille, traitée dans un creuset avec deux parties d'acide phosphorique vitreux, et une demi-partie de charbon, a donné, par la réduction de l'acide en phosphore et par son union avec le métal, un phosphure d'argent qui avait acquis un quart du poids primitif de l'argent, et qui était blanc, grenu, cristallin, cassant, susceptible d'être entamé par le couteau. En jetant du phosphore sur de l'argent rougi dans un creuset, le métal est entré sur-le-champ en fusion, et le phosphure formé est resté en fonte tranquille : mais au moment où il s'est figé à sa surface, il est sorti avec une sorte d'explosion une grande quantité de phosphore de la masse, et au même instant la surface du métal s'est couverte de mammelons. Pelletier a conclu de cette expérience que l'argent retenait plus de phosphore lorsqu'il était en fusion que dans l'état froid : le phénomène dé-

pend aussi du resserrement subit de l'argent sur lui-même. Suivant Pelletier, cent parties d'argent en fusion peuvent retenir vingt-cinq parties de phosphore ; quand il cesse d'être fluide, il n'en conserve que quinze parties. Le phosphure d'argent, chauffé au chalumeau, se fond et laisse exhaler le phosphore qui brûle à sa surface. Le phosphore a la propriété de désoxider les oxides d'argent, et de les précipiter de ses dissolutions acides sous la forme de métal, comme je le dirai plus bas.

33. Le soufre s'unit facilement à l'argent par la voie sèche et par la voie humide. En stratifiant dans un creuset des lames d'argent avec du soufre, et en poussant promptement à la fonte, on obtient une masse violette foncée et presque noire, beaucoup plus fusible que le métal, cassante, cristallisée en aiguilles, une espèce de sulfure d'argent opaque, brillant, d'un aspect métallique, qu'on peut couper au couteau, et qui imite très-bien l'argent vitreux. Si on chauffe long-temps et assez fortement cette combinaison, le soufre s'en dégage peu à peu ; et quoique les dernières portions soient difficiles à en séparer, on obtient à la fin l'argent pur et ductile. Les sulfures alcalins dissolvent assez facilement l'argent pour que l'on puisse ensuite le dissoudre ; on l'en précipite à l'état d'argent sulfuré noir par les acides. L'argent se combine même avec le soufre par un long séjour dans des matières qui en contiennent, et qui le laissent déposer lentement : c'est ainsi que Macquer, ayant eu occasion d'examiner des plats d'argent qui avaient long-temps séjourné dans une fosse d'aisance de Compiègne, a trouvé le métal de ces plats cassant, lamelleux, comme minéralisé, et en a retiré une quantité notable de soufre. Tout le monde sait encore que l'argent est promptement coloré en jaune doré, en orangé, en violet et en bleu foncé presque noirâtre, par le contact du gaz hidrogène sulfuré. Cet effet a lieu spécialement quand on plonge des lames de ce métal dans de l'eau chargée de ce gaz, ou même dans le voisinage des

eaux sulfureuses naturelles : c'est ce qui arrive à l'argenterie par la vapeur des œufs durcis, des matières fécales corrompues, et par une foule de substances odorantes qui s'échappent même de nos alimens. Le soufre seul se dépose sur l'argent dans toutes ces circonstances, et il se forme à sa surface une petite couche de sulfure d'argent analogue à l'argent vitreux, qu'on ne peut en détacher que par la lime, par le frottement, ou par l'action d'un feu violent. On ne sait pas bien la différence qui existe entre l'oxide d'argent sulfuré artificiel et le sulfure d'argent.

34. Il n'y a presque aucune substance métallique qui ne soit susceptible de s'unir à l'argent et de former avec lui un alliage particulier ; et il n'y a cependant que très-peu de ces alliages utiles ou employés.

L'arsenic s'unit à l'argent, lui ôte sa ductilité : cet alliage est jaunâtre en dehors et gris obscur à l'intérieur ; en l'exposant au feu, l'arsenic se sublime et l'argent reste pur et ductile. Au lieu d'employer ce métal aigre, on évite, autant qu'on peut, le voisinage et le contact de l'arsenic avec l'argent.

On ne connaît point l'alliage du tungstène, du molybdène, du chrome, du titane, de l'urane et du manganèse avec l'argent.

Le cobalt ne s'unit que très-difficilement à l'argent. Quand on fond ces deux métaux dans un creuset, ils restent séparés l'un de l'autre, l'argent au dessous et le cobalt au dessus, en raison de leur pesanteur spécifique. Gellert observe cependant qu'après avoir fondu deux parties de cobalt et une partie d'argent, celui-ci, séparé au fond du creuset, était devenu plus fragile et d'une couleur grise, tandis que le cobalt était plus blanc que de coutume : il paraît donc qu'il y a un peu d'union entre les deux métaux, et qu'il se fait un partage entre eux.

Le nickel ne s'unit point du tout à l'argent. Quand on

fond ces deux métaux dans un creuset, ils restent distincts, et on peut les séparer d'un coup de marteau; quelquefois ils se placent l'un à côté de l'autre, quoique leur pesanteur spécifique soit assez différente.

35. Le bismuth s'allie très-bien avec l'argent par la fusion; il en résulte un métal aigre, cassant, lamelleux, d'une couleur moyenne entre celle du bismuth et de l'antimoine, d'une pesanteur spécifique plus grande que la moyenne résultante de celle des deux métaux : ils adhèrent assez l'un à l'autre pour qu'on ne les sépare qu'avec difficulté. Quand on expose à un grand feu et au contact de l'air cet alliage, le bismuth s'oxide et se vitrifie en même temps qu'il se sublime en partie, de sorte qu'on peut l'employer comme le plomb à la coupellation de l'argent, pour lui enlever les métaux plus oxidables que lui. Il y a même des cas où les essayeurs préfèrent le bismuth au plomb, parce qu'il s'oxide plus vîte, passe plus facilement dans la coupelle. Dufay l'a proposé en 1727; et Pott a vérifié cet usage. La coupelle est colorée en jaune par cette matière métallique; il lui arrive souvent de se fendiller pendant l'opération. Quelques chimistes ont assuré que le bismuth coupellé seul laissait un petit bouton d'argent sur la coupelle; mais ce dernier métal y est si peu abondant qu'il paraît être véritablement inappréciable.

36. L'alliage de l'antimoine et de l'argent se fait très-bien par la fusion; il en résulte un métal spécifiquement plus pesant que le calcul de la pesanteur des deux métaux ne l'indique, peu ductile, et qui n'a aucune utilité. Les chimistes ont remarqué depuis long-temps que le sulfure d'antimoine était décomposé par l'argent; que ce métal s'unissait au soufre, tandis qu'une partie se combinait en même temps à l'antimoine. On nommait autrefois ce dernier *régule d'antimoine lunaire* dans les pharmacies.

37. Le mercure a beaucoup d'attraction pour l'argent. Dans les expériences du citoyen Guyton, l'argent tient immédiate-

ment le second rang après l'or, pour son adhérence avec ce métal liquide. Il l'a estimé à 429, l'or ayant 446, et l'étain 418; aussi s'unit-il très-facilement, et fait-on une amalgame, soit en triturant des feuilles ou de la limaille fine d'argent avec le mercure, soit en ajoutant à de l'argent rouge dans un creuset du mercure chauffé, soit en précipitant l'argent de ses dissolutions sous la forme métallique, et en le présentant alors au contact du mercure. L'amalgame d'argent a une consistance variée, suivant la proportion des deux métaux unis. Elle est, en général, blanche, matte, molle : elle est spécifiquement plus pesante que les deux métaux qui la forment ne l'indiquent par leur propre pesanteur; elle se précipite même au fond du mercure coulant. Cette propriété indique qu'il y a une forte pénétration entre ces deux métaux et une condensation réciproque; aussi s'échauffent-ils et se dilatent-ils d'abord au moment de leur combinaison. Quand on l'expose à une chaleur douce, et continuée quelque temps, elle se ramifie et se développe en espèces de végétations comme l'*arbre de Diane*, dont on parlera plus bas. On a même été jusqu'à dire que si on y ajoutait de l'or, l'extrémité des rameaux de cet arbre portait de petits boutons d'or qu'on a comparés aux pommes d'or du jardin des Hespérides; si, après l'avoir fondue, on la laisse refroidir lentement, elle se cristallise en feuillets lentiformes, ou en prismes carrés déterminés par des pyramides tétraèdres. Quoique l'action du feu en sépare le mercure, comme on le voit dans le traitement de quelques mines d'argent, les dernières portions de ce métal volatil sont très-difficiles à obtenir, et il semble que le mercure est un peu fixé par l'argent. Laissée long-temps à l'air, cette amalgame se durcit et devient beaucoup plus consistante qu'elle n'était. On assure, et cela n'est pas invraisemblable, que l'amalgame d'argent, chauffée avec le contact de l'air dans l'appareil où l'on traite le mercure pour le réduire en oxide, éprouve en même temps que lui la même oxidation, et que c'est un

moyen trouvé par les alchimistes d'oxider l'argent. Cette amalgame est fort employée pour l'argenture.

38. L'argent s'unit facilement à l'étain ; mais cet alliage, au lieu d'être utile, est regardé comme un des plus dangereux ; et il est si redouté par les orfèvres ou par tous ceux qui emploient et travaillent l'argent, qu'ils évitent même de fondre de l'étain et de faire toucher sa vapeur à l'argent, car il passe pour lui ôter toute sa ductilité. Quand on fond ces deux métaux ensemble, on obtient une masse fragile, d'un tissu semblable à celui des métaux cassans, qui ne s'aplatit que très-peu sous le marteau, en raison de sa dureté. En exposant cet alliage au feu de réverbère ou sous la mouffle du fourneau de coupelle, on obtient une végétation, une scorie oxidée qui ne se sépare que très-difficilement de l'argent, quoiqu'elle soit encore dissoluble dans le mercure. Il est extrêmement difficile et même presqu'impossible de purifier cet alliage par le plomb. Kraft et Muschenbroëck disent que l'étain augmente la fermeté ou la dureté de l'argent. Le dernier assure qu'un alliage de quatre parties d'argent et d'une d'étain est aussi dure que l'union du cuivre à l'étain ; qu'une plus grande proportion d'étain diminue bientôt la fermeté de l'argent ; que cet alliage offre dans sa cassure une surface granulée très-fine ; enfin, qu'une quantité encore plus considérable d'étain rend l'argent si aigre qu'il est très-difficile à limer et même à fondre. Il serait dangereux d'en conclure qu'il n'y a rien de bon ni d'utile à espérer de cet alliage d'argent et d'étain, puisque sa dureté, jointe à son peu d'altérabilité, peuvent le rendre précieux pour plusieurs usages.

39. Le plomb se combine très-facilement avec l'argent par la fusion : il favorise même singulièrement la fusibilité de l'argent, comme le prouvent les phénomènes de la coupellation. Kraft a trouvé que cet alliage était plus dense et plus pesant spécifiquement que ne l'indiquent les pesanteurs comparées des deux métaux unis. Muschenbroëck, qui a examiné

avec soin la plupart des alliages métalliques, a également traité et étudié celui de l'argent et du plomb. Il a tiré de ses expériences l'induction que le plomb diminuait beaucoup la force et la fermeté de l'argent : de sorte qu'il faut éviter de fabriquer ce genre d'alliage dans les arts. Au reste, il approche plus de la couleur du plomb que de celle de l'argent. Le plomb ne détruit pas comme l'étain la ductilité de l'argent ; mais il détruit sa propriété sonore. Le plomb a plus d'attraction pour le soufre que n'en a l'argent, et il décompose, à l'aide de la chaleur, le sulfure d'argent natif ou artificiel. On ne fait l'alliage de l'argent et du plomb que pour passer l'argent à la coupellation : c'est lui qu'on obtient en grand dans la liquation, comme on l'a déja dit.

40. Le fer s'allie facilement à l'argent. Selon Wallerius, un alliage de ces deux métaux, à parties égales, a presque la même couleur que l'argent ; il est plus dur, plus roide, assez ductile néanmoins, et attirable à l'aimant. L'acier se soude avec l'argent. Gellert observe, dans sa Table d'affinités entre les matières métalliques, que l'argent en a une plus forte pour le fer que pour le cuivre. Il est singulier qu'on n'ait point encore examiné avec beaucoup de soin cette espèce d'alliage, qui paraît être de nature à rendre beaucoup de services aux arts et à la société, soit en diminuant le prix de certains ustensiles, soit en communiquant à l'argent quelques propriétés qui paraissent susceptibles d'ajouter au mérite et aux bonnes qualités de ce métal précieux. Le citoyen Guyton, en fondant du fer et de l'argent avec son flux réductif au fourneau de Macquer, a obtenu deux boutons placés l'un à côté de l'autre, soudés fortement et bien distincts, et qui semblaient annoncer que les deux métaux ne sont pas susceptibles de s'unir.

41. Le cuivre est un des métaux avec lesquels l'argent s'allie le mieux ; et cet alliage est un des plus utiles. Le principal avantage qu'il donne est de communiquer à l'argent beaucoup

plus de dureté qu'il n'en a naturellement, et de le rendre conséquemment bien plus propre à la fabrication des vases, des ustensiles, des monnaies, etc. Cet alliage a plusieurs propriétés très-remarquables. La densité de l'argent est diminuée, quoique sa fermeté et sa dureté croissent; ce qui annonce que la somme des intervalles entre les molécules du mélange allié est plus grande que dans chacun des métaux en particulier, et que la dureté accrue dépend d'un autre arrangement des molécules de l'argent plutôt que de leur rapprochement, comme on aurait pu le penser, si l'expérience ne redressait pas à cet égard notre jugement. Le citoyen Haüy observe que dans l'alliage au titre du commerce, où le rapport de la quantité d'argent à celle du cuivre est de 137 à 7, la pesanteur spécifique est de 10.175; tandis que s'il n'y avait aucune dilatation entre les métaux alliés, elle serait de 10.301 : ce qui donne environ $\frac{1}{81}$ pour la quantité de cette dilatation dans l'alliage cité. Une seconde propriété bien remarquable de l'alliage de l'argent et du cuivre, c'est que le premier conserve sa couleur blanche, quoique contenant une quantité considérable de cuivre; en sorte que celui-ci est enveloppé de telle manière qu'il ne devient sensible que par des opérations chimiques plus ou moins compliquées. Newton, dont le génie a été frappé par cette singulière propriété qui existe plus ou moins prononcée dans la plupart des métaux blancs, a été conduit à conjecturer que les particules des métaux blancs avaient beaucoup plus de surface que les métaux jaunes ou rouges, qu'elles étaient en même temps très-opaques, qu'elles recouvraient le cuivre sans permettre à la couleur de ce métal de percer à travers la leur. L'alliage de l'argent avec le cuivre est déterminé dans ses proportions par des lois sévères chez toutes les nations policées, à cause de la facilité que la fraude a de forcer la proportion du cuivre, et pour maintenir la confiance dans le commerce. L'argenterie et les monnaies de chaque nation sont à des titres divers : ce titre a sur-tout, dans

la République française un mérite essentiel pour la perfection des arts et des calculs ; c'est qu'il répond aujourd'hui aux bases des poids et mesures, dont le type est pris dans la mesure de la terre, et qui, par cette invariabilité puisée dans la puissance et les lois de la nature, a sur toutes les mesures usitées jusqu'ici une prééminence qui les fera tôt ou tard adopter par tous les peuples éclairés.

G. *Action de l'eau et des oxides.*

42. Il n'y a aucune action entre l'argent et l'eau. A quelque température que l'on élève ces deux corps, et quelque long-temps qu'on les chauffe lorsqu'ils sont tous deux en contact, ils n'exercent l'un sur l'autre absolument aucune attraction, et il ne leur arrive aucun changement : aussi des vases d'argent séjournent-ils long-temps sous l'eau sans changer en aucune manière de propriété et de nature ; il n'y a que la couleur qui s'altère quelquefois, soit par les matières que l'eau peut tenir en dissolution, soit par le dépôt de celles qu'elle tient souvent suspendues. Cette nullité d'action entre l'eau et l'argent dépend entièrement du peu d'attraction qui existe entre ce métal et l'oxigène ; et puisque l'hidrogène décompose et réduit si facilement ses oxides, il est tout simple qu'il ne puisse point enlever à ce corps l'oxigène dont il est saturé.

43. La même raison fait qu'il n'éprouve aucune altération de la part des oxides métalliques, et qu'il ne leur en fait éprouver aucune : c'est au contraire son propre oxide qui cède son oxigène à la plupart des autres métaux, et particulièrement au cuivre, au fer, au mercure, au zinc, à l'antimoine, au manganèse, etc. Il en est quelques-uns qui partagent avec lui seulement la plus grande partie de son oxigène. De cette double action des métaux sur l'oxide d'argent dépend la précipitation de ce métal, soit pur à l'état brillant et métallique, soit en

partie oxidé, opérée dans ses dissolutions par les acides au moyen des différens métaux qu'on y plonge. On verra plus bas que telle est la cause de plusieurs phénomènes remarquables qui ont été autrefois regardés comme des espèces de miracles chimiques, et qui deviennent très-simples dans leur explication par la théorie que je viens d'exposer.

H. *Action des acides.*

44. Quoique le peu d'attraction que l'argent exerce sur l'oxigène rende ce métal beaucoup moins altérable et dissoluble par les acides que le plus grand nombre des métaux qui ont été décrits jusqu'ici, il est cependant infiniment distingué des deux suivans, par la manière dont ces corps brûlés agissent sur lui, et il est sensiblement plus altérable et plus dissoluble qu'eux.

L'acide sulfurique ne l'attaque point à froid; mais en faisant bouillir trois ou quatre parties de cet acide concentré sur une partie d'argent en copeaux ou en limaille, il y a effervescence, dégagement abondant de gaz acide sulfureux, et le métal est changé en une masse ou poudre blanche qui se dissout entièrement dans l'eau aiguisée d'un peu d'acide sulfurique. Les chimistes ont comparé cette combinaison à celle du mercure avec le même acide, et il y a en effet quelques points de ressemblance entre ces deux phénomènes; mais on n'observe jamais ici cette portion d'oxide indissoluble que le mercure présente. On obtient par le procédé indiqué une dissolution sans couleur de sulfate d'argent avec excès d'acide, très-âcre et très-caustique, qui fournit par l'évaporation de petits cristaux blancs et brillans sous la forme de prismes très-fins ou d'aiguilles. Si la dissolution est plus concentrée, elle dépose quelquefois à mesure qu'elle refroidit; car il se produit beaucoup de chaleur pendant qu'elle a lieu, des cristaux en plaques ou lames assez larges, blanches, très-brillantes, qui

m'ont paru être formées par la réunion de prismes tétraèdres comprimés.

45. Le sulfate d'argent est assez fixe au feu ; il se fond et se boursoufle ; il se décompose à une grande chaleur, se noircit, donne de l'acide sulfureux, du gaz oxigène, et se réduit en argent pur et ductile. Souvent les vases de verre où l'on fait cette opération se teignent d'une couleur jaune olivâtre. La lumière le colore, mais lentement, en brun ou en noir. Le phosphore très-divisé, le soufre brûlant le réduisent à froid ; le charbon rouge le décompose. Les acides, si l'on en excepte le muriatique qui en sépare et en enlève l'oxide d'argent, ne lui font point éprouver d'altération. Tous les alcalis caustiques et les terres alcalines le précipitent en oxide d'argent gris foncé ou brunâtre, sur-tout par le contact de la lumière : la chaux le précipite en gris verdâtre ; l'ammoniaque, après l'avoir précipité, le redissout ; les sels muriatiques, phosphoriques et fluoriques le précipitent aussi par une attraction double ; les carbonates y forment un précipité blanc de carbonate d'argent indissoluble. Tous les précipités de ce sel formés par les matières alcalines se réduisent dans des vaisseaux fermés à l'aide de la chaleur qui en dégage du gaz oxigène, et ramène l'oxide à l'état d'argent pur. Les sulfures alcalins, et même l'eau chargée d'hidrogène sulfuré, ainsi que le gaz hidrogène sulfuré, décomposent le sulfate d'argent, et forment dans sa dissolution un précipité noir de sulfure d'argent ; car l'oxide est réduit par l'hidrogène en même temps que l'argent s'unit au soufre.

46. L'acide sulfureux n'a aucune action sur l'argent ; mais son oxide s'y combine facilement. De brun qu'il est, après avoir été séparé de la dissolution nitrique par un alcali pur, il prend la forme de petits grains brillans, d'un gris de perle. Ce sulfite d'argent ne change point de couleur et de nature par le contact de la lumière. L'acide sulfureux précipite la dissolution nitrique de ce métal en une poudre blanche de sulfite

d'argent. On obtient le même sel sous la même forme avec le sulfite d'ammoniaque uni au nitrate d'argent. Un excès de ce sulfite le redissout et forme un sel triple. Ce sulfite d'ammoniaque et d'argent, exposé au soleil, se couvre d'une pellicule d'argent, et la liqueur contient ensuite du sulfate d'ammoniaque. L'acide sulfureux, aidé par l'attraction de l'ammoniaque, enlève donc l'oxigène à l'oxide d'argent. En mêlant de l'oxide d'argent à une dissolution de sulfite d'ammoniaque, il s'y dissout, et forme le même sel triple également décomposable par la lumière. Le muriate d'ammoniaque décompose le sulfite d'argent, et le précipité qui se forme alors est noir et en partie réduit : de sorte qu'il reste du sulfate d'ammoniaque dans la liqueur. Exposé seul et pur à la lumière, le sulfite d'argent y brunit sans se décomposer complétement ; chauffé au chalumeau sur un support de charbon, il exhale de l'acide sulfureux, se fond en une masse jaune, et laisse un bouton d'argent pur ; traité dans un tube de verre traversant un fourneau, il fournit un peu d'acide sulfureux, ensuite de l'acide sulfurique, et laisse pour résidu de l'argent réduit. La portion qui touche au verre s'y combine, et lui donne une couleur brune claire ou capucine. Quoique très-peu dissoluble dans l'eau, il y est rendu sensible par l'acide muriatique qui y forme un nuage blanc : il a une saveur âcre et métallique. Les alcalis caustiques le dissolvent et forment avec lui un sel triple, analogue au sulfite ammoniaco-d'argent qui vient d'être décrit. On voit qu'il ne peut pas y avoir de sulfite sulfuré d'argent.

47. L'acide nitrique a toujours passé pour le véritable dissolvant de l'argent. Et en effet, lorsqu'on plonge dans cet acide ni trop ni trop peu concentré, de l'argent en lames, en fils ou en grenailles, il s'établit promptement une effervescence. Si le vase est conique et très-haut, le gaz nitreux qui se dégage du fond se dissout dans l'acide et en colore la partie inférieure en vert; on voit qu'il ne faut pas attribuer cette coloration à du

cuivre, lorsqu'elle disparaît : ce qu'elle fait au moment où la chaleur produite par l'effet de la dissolution ne permet plus au gaz nitreux de rester dissous dans la liqueur. Si au contraire la couleur verte est permanente et passe au bleu, si elle augmente à mesure que la dissolution avance, alors on doit en conclure qu'elle est due au cuivre ; ce dont on se convainc en y versant un peu d'ammoniaque, qui augmente beaucoup l'intensité du bleu : cela n'arrive point avec de l'argent pur. Quand ce métal contient un peu d'or, ce qui arrive sur-tout dans de vieilles pièces d'argenterie, l'or n'étant pas sensiblement dissoluble dans l'acide nitrique en comparaison de l'argent, à mesure que celui-ci se dissout il se présente au fond de la liqueur une poussière noirâtre ou pourpre foncée, qui n'est que de l'or commençant à s'oxider, comme je le ferai voir ailleurs. C'est même sur la dissolublité de l'argent et l'indissolubilité de l'or qu'est fondé l'art de séparer ou départir ces deux métaux : voilà pour ce qui regarde les divers phénomènes dus à l'argent dans cette dissolution. Quant à ceux qui tiennent à l'acide nitrique, on voit qu'il est décomposé même à froid par l'argent, qui en sépare du gaz nitreux, qui en absorbe l'oxigène et qui se dissout à mesure dans une portion d'acide. Il est essentiel de prendre pour cela de l'acide nitrique très-pur ; car si on se sert d'une *eau-forte* qui contienne des acides sulfurique ou muriatique, à mesure que l'argent se dissout dans le premier, il en est enlevé et précipité en une matière blanche plus ou moins épaisse et indissoluble par l'un ou l'autre des deux autres : aussi, pour être bien sûr de cet acide lorsqu'on fait des dissolutions d'argent, si nécessaires dans les laboratoires de chimie et dans ceux des arts, spécialement des monnaies, on n'y emploie que des *eaux-fortes précipitées*, c'est-à-dire de l'acide nitrique mêlé d'abord avec du nitrate d'argent, et séparé du précipité, qui forme sur-tout l'acide muriatique par une distillation faite avec soin. L'acide nitrique dissout plus de la moitié de son poids d'argent.

48. La dissolution nitrique d'argent est un liquide blanc,

très-lourd, d'une énorme causticité, qui colore l'épiderme et le teint d'abord en rouge pourpre, ensuite en noir, ainsi que les ongles, les cheveux, et toutes les substances animales; qui employé en quantité un peu plus grande ou plus concentrée que pour les colorer simplement, les ramollit, les désorganise, les dissout en les décomposant: aussi quand on s'en sert pour teindre les cheveux, il faut y porter la plus sérieuse attention et la plus grande prudence. Elle a une saveur austère, astringente, très-amère, quand elle est suffisamment étendue d'eau pour n'être plus caustique. C'est sur cette dissolution qu'on a fait le plus grand nombre d'expériences et de découvertes en chimie relativement à l'argent; aussi c'est la partie de son histoire qui présente et le plus de détails et le plus d'intérêt. En évaporant la dissolution nitrique d'argent, qui peut être saturée d'oxide d'argent sans contenir un excès d'acide au moins très-sensible jusqu'à ce qu'elle forme une pellicule légère à sa surface et en la laissant ensuite refroidir lentement, elle dépose des cristaux en lames plates plus ou moins larges, transparentes, brillantes, souvent comme métalliques à leur surface quand la liqueur est exposée aux rayons du soleil pendant sa cristallisation, dont la forme n'a point encore été exactement déterminée: ces lames représentent tantôt des hexaèdres, tantôt des carrés, et tantôt des triangles placés obliquement, et non à plat les uns sur les autres; elles paraissent cependant formée par la réunion de petits prismes très-fins, serrés les uns contre les autres. La saveur de ces cristaux de nitrate d'argent est si amère, qu'on l'a nommée *fiel des métaux*. Ils se conservent long-temps sous cette forme, et ne sont pas déliquescens, comme quelques auteurs l'ont avancé.

49. Le nitrate d'argent cristallisé, exposé à la lumière du soleil, y noircit peu à peu, et se change même dans quelques points en petites lames brillantes et métalliques d'un brun vif, et qu'on ne peut méconnaître pour de l'argent réduit. Chauffé dans un creuset, il se fond promptement en un liquide brun

qui se boursoufle et se gonfle en perdant de l'eau de cristallisation ; ensuite, à une chaleur douce il reste en fonte tranquille. Si on le laisse refroidir dans cet état de fusion, il se prend en une masse grise foncée ou noirâtre : en le coulant dans une lingotière de fer ou de cuivre, ou plutôt dans un moule formé de plusieurs petits tuyaux cylindriques verticaux, bien graissés ou huilés auparavant, on obtient des cylindres ou crayons noirâtres en dehors, présentant des aiguilles rayonnées dans leur cassure, et qu'on emploie en chirurgie sous le nom barbare de *pierre infernale*, à cause de leur causticité. Pour préparer ce médicament, on ne se donne pas la peine dans les pharmacies de faire cristalliser la dissolution nitrique d'argent ; on l'évapore à siccité ; on fond ensuite le résidu dans une timbale ou gobelet d'argent, et on le coule dans le moule. Le gobelet qui sert de creuset est lui-même employé, à la fin, à la dissolution de ce métal. Il ne faut pas chauffer trop long-temps le nitrate d'argent qu'on veut couler en *pierre infernale*, laquelle n'est que ce sel privé de son eau de cristallisation, et formant une masse cohérente et solide ; car si on le tient un peu au-delà de sa fusion au feu, et sur-tout si on augmente inconsidérément la chaleur, il se décompose et se réduit en argent : on y trouve toujours dans le fond des globules de ce métal. Quand on chauffe du nitrate d'argent dans une cornue à l'appareil pneumato-chimique, on retire du gaz nitreux, du gaz oxigène très-pur d'abord, mêlé ensuite de gaz azote, et l'argent se trouve réduit pur et bien ductile au fond de la cornue. J'ai plusieurs fois vu dans cette opération le verre des cornues et des matras qui y servaient, coloré en un brun marron très-beau, et j'ai attribué cet effet à l'oxide de manganèse uni à un peu d'oxide d'argent qui avait pénétré le verre fondu ou ramolli ; car beaucoup d'autres faits m'ont montré l'oxide d'argent pur et seul, se vitrifiant en couleur verte d'olive. Quand on met une lame de nitrate d'argent bien sec sur un charbon allumé, il y a une détonation assez brillante sans que le nitrate se fonde et perde

sa forme : c'est une scintillation qui parcourt toute la surface du sel ; et quand elle est finie on trouve sur le charbon une couche d'argent mat très-blanc, qui adhère à ce corps et prend le poli vif ou le bruni propre à ce métal quand on le frotte avec un corps dur, même quand on y passe l'ongle en appuyant. La couche de charbon solide sur laquelle il adhère est entièrement et richement argentée par le simple procédé. Boerhaave nommait cette réduction de nitrate d'argent sur le charbon allumé, *argent ardent.*

5o. Le nitrate d'argent qui est bien dissoluble dans l'eau, est réductible par le gaz hidrogène et par le phosphore même sous la forme liquide. C'est ainsi que dans les expériences de madame Fulham, en exposant des taffetas et des papiers couverts de dissolution nitrique d'argent au contact du gaz hidrogène, il y a eu réduction du métal et argenture de la partie de ces tissus qui était imprégnée de la dissolution. On voit ici l'effet de l'attraction de l'hidrogène beaucoup plus forte pour l'oxigène que celle que l'argent a pour ce principe. Plus de quinze ans avant les essais de la dame anglaise, les chimistes français Sage et Bullion avaient découvert que le phosphore trempé dans une dissolution de nitrate d'argent, y réduisait peu à peu le métal, et que celui-ci, précipité sur le cylindre du phosphore, y formait un tuyau métallique brillant, qui le recouvrait et l'enveloppait entièrement. Ce tube d'argent peut en être séparé en le plongeant dans l'eau bouillante, qui fond le phosphore ; et il a toute la ductilité, la solidité et la ténacité de l'argent pur. Il n'y a donc de nouveau, dans le travail de madame Fulham, que le mode même et la variété des procédés qu'elle a mis en usage pour présenter différens corps combustibles divisés aux dissolutions métalliques. Je reviendrai encore sur cet objet en parlant de l'or : le charbon ne réduit pas de même et à froid la dissolution nitrique d'argent. Il est vraisemblable qu'on obtiendra quelque jour cette réduction par le gaz hidrogène carboné. Le soufre ne l'opère que lors-

qu'on expose cette dissolution à sa vapeur quand il brûle, et sur-tout au contact du gaz hidrogène sulfuré. Dans ce dernier cas, il se produit, d'une part, un sulfure d'argent noir et pulvérulent; de l'autre, une pellicule brillante et métallique d'argent. Le même effet est produit par l'eau qui tient de l'hidrogène sulfuré en dissolution, et par le contact du gaz hidrogène phosphoré.

51. Plusieurs acides agissent d'une manière très-marquée sur la dissolution de nitrate d'argent; l'acide sulfurique la décompose et en précipite du sulfate d'argent en poudre blanche lourde et divisée. L'acide sulfureux y forme aussi un précipité de sulfite qui noircit à la lumière. L'acide muriatique donne, quand on le verse dans cette dissolution, un précipité blanc si abondant et si peu dissoluble, qu'il se dépose promptement en flocons lourds et épais qu'on a depuis long-temps comparés à du *caillé* ou *coagulum de fromage;* c'est du muriate d'argent, dont je reparlerai plus bas. L'acide muriatique oxigéné précipite également la dissolution de nitrate d'argent. L'acide phosphorique y forme aussi un phosphate d'argent blanc et indissoluble; l'acide fluorique produit un effet semblable.

52. Toutes les matières terreuses et alcalines, en décomposant le nitrate d'argent, séparent de sa dissolution un oxide qui, de blanc qu'il est d'abord, passe bientôt à une couleur verte d'olive; tandis que les mêmes alcalis unis à l'acide carbonique le précipitent en blanc, qui ne change pas de même de couleur. L'ammoniaque n'y occasionne que très-peu de précipité, qu'il redissout même quand on en ajoute en excès: il se produit dans ce cas un sel triple ammoniaco-d'argent. En général, l'oxide de ce métal est si dissoluble dans l'ammoniaque, qui lui donne une couleur fauve brunâtre, que l'on peut s'en servir avec le plus grand succès pour séparer cet oxide de ceux de plusieurs autres métaux. Il y a d'ailleurs une action très-marquée entre cet oxide et l'ammoniaque; et cette action, qui tend et qui parvient à décomposer ces deux corps

l'un par l'autre, donne naissance à une préparation très-singulière par sa nature et ses propriétés, qui a été découverte par le citoyen Berthollet, et qu'il a publiée, sous le nom d'*argent fulminant*, à la fin de 1788.

53. Pour obtenir l'argent fulminant ou l'oxide d'argent ammoniacal, on précipite le nitrate d'argent bien pur et sans mélange de cuivre par l'eau de chaux; on place ce précipité brunâtre sur du papier gris, qui absorbe toute l'eau et le nitrate calcaire. Dans cet état, on jette dessus de l'ammoniaque bien pure et bien caustique; il se produit un pétillement semblable à celui de l'extinction de la chaux vive dans l'eau; l'ammoniaque ne dissout qu'une partie de ce précipité: en laissant reposer le mélange pendant dix à douze heures, il se forme à sa surface une pellicule brillante qu'on redissout avec de nouvelle ammoniaque, et qui ne paraît pas si l'on met beaucoup de cet alcali dès la première fois; on décante la liqueur et l'on dépose sans secousse le précipité noir qui en occupe le fond, sur de petits morceaux de papier gris, ou on le distribue de manière à ce qu'il soit peu abondant sur chacun. Ce précipité encore humide fulmine avec violence quand on le frappe avec un corps dur; s'il est sec, il suffit de le toucher ou de le frotter légèrement pour le faire fulminer. L'ébranlement excité par cette fulmination peut se communiquer à d'autres portions d'argent fulminant placées à plus de cinq centimètres de distance du premier. La liqueur décantée de dessus ce précipité, chauffée dans une cornue de verre, fait effervescence, donne du gaz azote, et se remplit bientôt de petits cristaux opaques, brillans, comme métalliques, qui fulminent quand on les touche, quoique couverts de liqueur, et qui brisent même souvent les vaisseaux avec violence. J'ai vu un verre dans lequel il restait depuis plusieurs mois quelques-uns de ces cristaux, qui se brisa en petites parcelles et même en véritable poussière avec une violente détonation entre les mains d'un jeune homme qui en frottait l'intérieur avec le doigt pour le nettoyer, et dans

l'intention d'y faire une autre expérience. On reconnaît dans ces effets la grande tendance qu'a l'oxide d'argent pour décomposer l'ammoniaque, la rapidité et la violence avec laquelle cette décomposition a lieu, la légère force ou le léger changement d'équilibre nécessaire pour opérer cette décomposition, puisque le plus petit frottement suffit pour le faire fulminer. Dans la partie dissoute, l'oxide d'argent paraît être d'abord trop oxigéné pour produire la fulmination; mais l'action du feu dans l'évaporation opère la désoxidation annoncée par le dégagement du gaz azote, et forme l'oxide d'argent fulminant indissoluble dans l'eau qui se cristallise. La pellicule brillante qui recouvre la première dissolution ammoniacale, est due à une portion d'argent à laquelle l'air enlève l'ammoniaque : il faut la dissoudre par l'ammoniaque, parce que son interposition diminue beaucoup la propriété fulminante. Le carbonate d'ammoniaque dissout l'oxide d'argent précipité par la chaux avec effervescence et dégagement d'acide carbonique; mais il reste assez de cet acide pour former un sel triple qui laisse une poudre jaune non fulminante par la dessiccation. Un mélange de cuivre, l'absorption de l'acide carbonique par l'oxide d'argent précipité au moyen de la chaux et laissé trop long-temps à l'air, l'ammoniaque contenant un peu de cet acide, ou diminuent ou détruisent la propriété fulminante du précipité : ainsi l'on peut manquer cette préparation, soit parce qu'on a pris de l'argent allié de cuivre, soit parce qu'on n'a pas assez séparé le nitrate de chaux qui imprègne le premier précipité, soit parce qu'on s'est servi d'une ammoniaque qui contenait de l'acide carbonique, soit enfin parce qu'on a laissé le précipité en absorber de l'atmosphère : voilà pourquoi on ne réussit que rarement dans cette opération délicate. Je me rappelle à cette occasion qu'ayant trouvé, dès 1780, la non précipitation du nitrate d'argent par l'ammoniaque, et me proposant d'examiner sa cause, je faisais recueillir depuis ce temps, et chaque année, les mélanges de nitrate d'argent et d'ammoniaque, et je me proposais

d'en étudier les propriétés, lorsque le citoyen Berthollet publia sa découverte à la fin de 1787. Il eût été dans mon plan de faire évaporer cette liqueur ; j'aurais obtenu immanquablement une fulmination très-violente et très-dangereuse, si les expériences du citoyen Berthollet ne m'avaient pas averti du danger imminent que je me préparais sans le savoir. A en juger par les violens effets de la petite quantité que j'ai entendue et même vue détoner, le grand volume d'argent fulminant que j'avais préparé et recueilli chaque année aurait occasionné une détonation épouvantable qui eût pu être accompagnée d'un grand danger. Il ne faut pas confondre cet oxide, d'après sa propriété fulminante, avec d'autres précipités d'argent également fulminans, mais qui n'ont aucun rapport avec celui-ci. La détonation par le frottement est due à la même cause que celle qui produit une inflammation et une oxidation très-fortes en frappant avec les matières combustibles du muriate suroxigéné de potasse sur un corps dur. On y reconnaît un rapprochement subit de molécules, qui, à une petite distance, réagissent les unes sur les autres. Les précipités du nitrate d'argent par les alcalis fixes, traités par l'ammoniaque, ne fournissent que des précipités peu détonans, en comparaison de celui que donne l'eau de chaux.

54. Beaucoup de sels ont la propriété d'agir sur le nitrate d'argent. Tous les sulfates en troublent la dissolution et précipitent du sulfate d'argent en poussière ; les sulfites y produisent un effet semblable : les muriates non seulement y forment un dépôt lourd et épais comme un caillé, mais se reconnaissent par-tout à l'aide de l'aspect que présentent leurs dissolutions avec le nitrate d'argent. Les phosphates, les fluates et les borates solubles se comportent à peu près de la même manière. Les carbonates, comme je l'ai déja annoncé, en séparent un carbonate d'argent blanc et indissoluble.

55. La plupart des substances métalliques ayant plus d'attraction pour l'oxigène que n'en a l'argent, le précipitent de

sa dissolution nitrique, les unes beaucoup moins oxidé qu'il ne l'était, les autres absolument dépourvu d'oxigène et sous sa forme brillante et métallique. Parmi ces précipitations, il y en a deux sur-tout qui méritent une attention plus sérieuse des chimistes : l'une, parce qu'elle présente un phénomène fort intéressant ; l'autre, parce qu'elle est pratiquée en grand dans quelques arts où elle est employée avec beaucoup d'avantage. La première donne naissance à ce qu'on nomme l'*arbre de Diane* : c'est une séparation de l'argent à l'état d'amalgame, et sous une forme cristalline aiguillée qui imite le tissu d'un buisson. Lémery prescrivait, pour l'obtenir, de dissoudre une partie d'argent dans de l'acide nitrique médiocrement fort, d'étendre la dissolution de vingt parties d'eau distillée, et d'y ajouter deux parties de mercure coulant. Il fallait environ quarante jours pour obtenir une végétation métallique très-belle. Homberg a décrit ensuite un procédé plus court, et qui réussit bien : il consiste à faire une amalgame à froid avec quatre parties d'argent en feuilles et deux parties de mercure, à dissoudre cette amalgame dans suffisante quantité d'acide nitrique, et à délayer la dissolution dans trente-deux fois le poids des métaux d'eau. On met dans une partie de cette liqueur une petite boule d'amalgame molle d'argent, et la formation de l'arbre de Diane a lieu sur-le-champ. On réussit aussi très-promptement à opérer cette précipitation en mettant une amalgame molle d'argent dans un mélange de six parties de dissolution nitrique d'argent et de quatre parties de dissolution nitrique de mercure. Dans ces deux derniers procédés, une partie de mercure de l'amalgame attirée par celui de la dissolution, et enlevant l'oxigène à l'argent, précipite celui-ci en métal ; et la précipitation de ce dernier est encore favorisée par l'attraction qu'exerce sur lui la portion de mercure non dissoute, ainsi que la portion d'argent de l'amalgame. Toutes les attractions qui agissent simultanément opèrent avec promptitude la séparation de l'argent, qui se dépose en s'amalgamant :

cette amalgame se dépose en prismes aiguillés qui s'arrangent les uns sur les autres à la manière de branchages. Pour la rendre plus belle, on choisit un vase conique, et l'on a soin d'empêcher les secousses qui s'opposeraient à l'arrangement symétrique et régulier de l'amalgame, et qui empêcheraient la formation du buisson.

56. La précipitation de l'argent métallique par le cuivre est d'une toute autre importance que la précédente ; c'est une de celles qu'on pratique le plus souvent dans les atteliers monétaires et dans ceux des orfèvres. Au moment où l'on plonge du cuivre bien net et bien décapé dans la dissolution nitrique d'argent, la lame devient brunâtre, et se recouvre de petits cristaux métalliques, d'un blanc mat, qui vont bientôt en augmentant, qui se groupent autour de cette lame, et l'enveloppent comme une efflorescence, qui n'adhèrent ni au cuivre, ni entre eux, se détachent par la moindre secousse, et sur-tout en portant doucement la lame de cuivre chargée de cet argent, qui se resserre et semble se condenser quand on l'enlève de la dissolution, dans de l'eau pure où on l'agite. C'est ainsi qu'on sépare dans les atteliers monétaires l'argent dissous par l'opération du départ ; on trempe des lames de cuivre dans la dissolution, ou on met celle-ci dans un vaisseau de cuivre ; l'argent se sépare en flocons d'un gris blanchâtre ; on décante la liqueur, quand elle est devenue bleue, et qu'elle ne donne plus d'argent : on lave ce dernier à plusieurs eaux ; on le fait recuire légèrement dans des creusets, et on le débite sous le nom impropre d'*argent en chaux*, parce qu'il est en grains blancs et mats ; il contient un peu de cuivre. On le fait fondre aussi dans des creusets ; on le passe avec du plomb à la coupelle pour en séparer la portion de cuivre qu'il contient ; c'est alors l'argent le plus pur du commerce ; on le nomme *argent fin*, ou argent à douze deniers. Quelquefois on se sert de la même précipitation de l'argent pour appliquer ce métal sur le cuivre en une espèce d'argenture ; mais il contracte trop peu d'ahérence

pour que cette espèce d'argenture soit solide, et l'on préfère, à cause de cela, l'application de l'argent à l'aide de l'amalgame sur le cuivre : c'est ce qu'on nomme *argent haché* dans l'art du doreur et de l'argenteur.

57. L'acide muriatique, dans quelqu'état de concentration qu'il soit, gazeux, vaporeux ou liquide, n'agit point sur l'argent, et n'en opère jamais l'oxidation. On a cru faussement opérer cet effet dans ce qu'on a nommé le *départ concentré ;* ce n'est pas seulement de l'acide muriatique qu'on dégage dans cette opération, mais de véritable acide muriatique oxigéné. En cémentant des lames d'or alliées d'argent avec un mélange de sulfate de fer et de muriate de soude dans un creuset, l'acide sulfurique, dégagé du sulfate de fer par l'action du feu, se porte sur l'oxide de fer, lui enlève une portion de son oxigène, et agit ensuite sur l'argent auquel il cède ce principe ; de manière à ce qu'après l'avoir oxidé, il s'y unit comme l'acide muriatique ordinaire le fait à l'oxide de ce métal. Si l'acide muriatique ne peut point agir sur l'argent métallique, à moins qu'il ne soit oxigéné, comme il a plus d'attraction avec l'oxide d'argent que n'en ont la plupart des autres acides, et sur-tout le sulfurique et le nitrique, dès qu'il est mis en contact avec ces dissolutions d'argent, il les décompose ; il leur enlève l'oxide d'argent, et il forme avec lui un sel indissoluble blanc, qui se précipite comme une espèce de caillé, ainsi que je l'ai annoncé plus haut. J'ai fait voir également que les muriates agissaient de la même manière que l'acide muriatique seul, et qu'ils formaient, dans les dissolutions sulfurique et nitirique d'argent, un précipité semblable à celui que forme l'acide pur. C'est même en raison de cette facile et prompte précipitation que le nitrate d'argent est un réactif très-sensible pour indiquer et reconnaître dans les eaux minérales et dans tous les liquides la présence et la quantité des muriates ou de l'acide muriatique qui y sont dissous. Bergman a fait voir que la kanne suédoise ou deux pintes trois quarts d'eau, tenant un seul grain de

muriate de soude en dissolution, donnaient des stries très-sensibles par les premières gouttes de nitrate d'argent qu'on y verse : ainsi ce sel métallique indique la présence d'environ $\frac{1}{100000}$ d'acide muriatique contenu dans des liqueurs ; il n'y a presque pas d'exemple d'une pareille sensibilité dans des réactifs.

58. Le muriate d'argent, produit de la décomposition du nitrate par l'acide muriatique ou les différens muriates, est en poudre ou en magma épais, blanc ; à la lumière, il devient brun, violet foncé et noir : c'est un des composés qui changent le plus vîte par le contact des rayons solaires. Cependant ce changement n'a lieu qu'à la surface, et l'intérieur se conserve blanc ; c'est aussi un des sels métalliques les plus fusibles que l'on connaisse. En le chauffant doucement dans un matras ou une fiole mince, il se fond comme une graisse, et se fige ensuite par le refroidissement en une substance grise, demi-transparente, assez semblable à quelques espèces de corne, et c'est pour cela qu'on le nommait autrefois dans cet état *lune cornée*. Si on le coule sur une pierre, il se fige en une matière friable, cristallisée en belles aiguilles brillantes et comme métalliques ; quand on le chauffe plus fortement dans un creuset, il devient extrêmement fondant, il filtre comme à travers un réseau ou canevas, et se perd dans le feu. On trouve toujours dans ce cas un peu d'argent réduit et disséminé en globules dans la portion de muriate fondu qui reste encore ; il n'est dissoluble que dans plus de mille fois son poids d'eau bouillante. Monnet a dit qu'une livre d'eau ne pouvait en prendre par l'ébullition que trois ou quatre grains. Les carbonates alcalins décomposent ce sel et précipitent un oxide d'argent de sa dissolution ; mais celle-ci est si faible que la précipitation est extrêmement peu sensible, et que ce procédé ne peut servir à rien. Il est cependant très-essentiel pour tous les ateliers où l'on travaille l'argent, d'avoir un moyen sûr de retirer ce métal de son muriate, parce qu'on l'obtient souvent sous la forme de ce sel, à cause des diverses opérations qu'on lui fait subir. En chimie d'ailleurs

on se sert toujours de l'argent extrait de son muriate comme le plus pur que l'on puisse avoir : on le nommait autrefois *argent revivifié de la lune cornée ;* aussi les chimistes ont-ils cherché les moyens de réduire le muriate d'argent. Le procédé le plus généralement employé et qui est devenu, à cause de sa facilité et de son succès, le procédé familier des atteliers d'affinage, consiste à mêler quatre parties de potasse du commerce, ou mieux de carbonate de potasse, avec une partie de muriate d'argent ; à mettre le mélange et à le fondre rapidement dans un bon creuset : quand il est en fusion complète, on retire le creuset du feu ; on le laisse refroidir lentement ; on le casse, et on trouve l'argent en culot au-dessous du muriate de potasse et de l'alcali fondus qui le recouvrent. Quand on fait la fonte avec rapidité, tout le muriate d'argent est bien décomposé ; il ne s'en perd point à travers les parois du creuset, et l'argent est bien pur au fond du creuset. Il faut prendre garde au boursouflement produit par le dégagement de l'acide carbonique, opéré par le muriatique. Le creuset doit être assez grand pour éviter l'écoulement d'une partie de la matière au-dehors. Bergman estime que le muriate d'argent contient 0.75 d'oxide d'argent, et 0.25 d'acide muriatique.

59. On avait cru, et il était en effet naturel de croire, d'après l'ordre des attractions les plus généralement connues entre les acides et les oxides métalliques, que la potasse et la soude pures ou caustiques décomposaient le muriate d'argent : mais le citoyen Vauquelin a trouvé dans ce sel une exception fort remarquable, qui paraît aussi avoir lieu jusqu'à un certain point pour les oxides de mercure et de plomb. Ayant fait chauffer du muriate d'argent avec une lessive de soude caustique, et s'étant apperçu que cet alcali n'avait pas enlevé un seul atome d'acide muriatique, il a jeté de l'oxide d'argent récemment précipité du nitrate de ce métal par l'eau de chaux dans une dissolution de muriate de soude ; ce précipité encore humide a tout-à-coup perdu sa couleur brune, est devenu blanc, et s'est rassemblé

en flocons épais ou en magma cailleboté : la saveur salée de la dissolution a fait place à une saveur âcre, alcaline et caustique. La liqueur surnageante évaporée, après la séparation du précipité qui était du véritable muriate d'argent, a donné des cristaux de carbonate de soude sans mélange de sel marin. Il résulte de cette expérience, non seulement que l'acide muriatique a plus d'attraction pour l'oxide d'argent que pour la soude, mais encore que cet oxide a la plus grande attraction possible pour l'acide muriatique, puisque les oxides de tous les autres métaux en sont séparés et précipités par les alcalis. Le même chimiste a trouvé qu'il était nécessaire d'employer beaucoup d'oxide d'argent pour décomposer le muriate de soude.

60. Le muriate d'argent est très-dissoluble dans l'ammoniaque caustique et liquide. Cette dissolution très-claire et sans couleur éprouve un changement très-remarquable lorsqu'on la laisse exposée à l'air. A mesure que l'ammoniaque s'en exhale dans l'atmosphère, il se forme à sa surface une pellicule qui prend une couleur bleuâtre ou irisée très-brillante : cette pellicule, qui augmente peu à peu en épaisseur, se fonce en même temps, et finit par devenir d'un gris sale et noirâtre par le contact de la lumière. La matière qui se sépare ainsi à la surface de la liqueur est facile à reconnaître pour du véritable muriate d'argent, contenant un peu de métal réduit. Au reste, l'ammoniaque produit constamment le même effet de dissolution et de réduction plus ou moins complète sur tous les sels et les précipités d'argent, comme je l'ai déja indiqué dans l'histoire du nitrate de ce métal.

61. Margraff a donné, vers le milieu du dix-huitième siècle, un procédé particulier pour décomposer le muriate d'argent par la voie humide; il est fondé sur une connaissance exacte et sur un emploi des attractions électives doubles; mais il est trop dispendieux et trop gênant pour être jamais employé en grand. Il conseillait de triturer dans un mortier de marbre ou de verre une partie de muriate d'argent avec trois parties d'alcali

volatil concret ou de carbonate d'ammoniaque : on ajoutait à ce mélange assez d'eau pour en former une pâte : on le remuait jusqu'à ce que l'effervescence et le boursouflement produits par le dégagement de l'acide carbonique fussent appaisés ; on y jetait six parties de mercure coulant, et on continuait de triturer jusqu'à ce qu'on eût une belle amalgame d'argent ; on lavait celle-ci en broyant sans cesse jusqu'à ce que l'eau sortît claire, et que l'amalgame fût très-brillante au fond du mortier. Alors il fallait sécher cette amalgame et la distiller dans une cornue de grès jusqu'à faire rougir à blanc ce vaisseau : le mercure passait dans le récipient, et l'argent pur et sans déchet restait au fond de la cornue. Dans cette opération, l'eau emportait du muriate d'ammoniaque en dissolution et une poudre blanche qui n'était que du muriate de mercure doux entraînant un peu d'argent en poussière matte ; en sublimant ce muriate mercuriel, on s'assurait de sa nature. Il est évident que, dans ce procédé, tandis que l'ammoniaque s'unit à l'acide muriatique, le mercure enlève à l'oxide d'argent extrêmement divisé son oxigène, et le reporte à l'état métallique absolument comme dans la préparation de l'arbre de Diane ; que cet argent est fortement attiré par la portion de mercure qui est surabondante à sa désoxidation. Je n'ai cité et décrit ici ce procédé que pour prouver que le muriate d'argent, comme le nitrate de ce métal, est susceptible d'être décomposé et réduit à froid par le mercure.

62. Beaucoup d'autres métaux, et sur-tout le bismuth, l'antimoine, le zinc, l'étain, le plomb, le fer et le cuivre, peuvent aussi, et par le même principe, décomposer le muriate d'argent. On a quelquefois recommandé leur usage en chimie pour obtenir l'argent de ce sel. On prescrit dans les livres de faire fondre une partie de muriate d'argent avec trois parties de ces métaux ; on trouve après la fusion l'argent fondu en culot au fond du creuset, et le métal employé reste à la surface uni à l'acide muriatique. Mais comme on prend plus de ces métaux qu'il n'en faut pour saturer l'acide muriatique, une

partie se combine avec l'argent qu'on n'obtient ainsi qu'allié, et qu'il faut affiner par le moyen du plomb et de la coupelle; de sorte qu'il n'est pas plus pur après cette opération que par les procédés ordinaires.

63. L'acide phosphorique s'unit à l'argent oxidé, et le précipite de sa dissolution nitrique. Le précipité qu'on obtient ainsi est blanc, lourd et épais; il se fond à un grand feu en une espèce d'émail verdâtre ou olivâtre, suivant qu'on l'a plus ou moins fait chauffer. Ce phosphate d'argent n'est pas dissoluble dans l'eau; mais il l'est dans un excès d'acide phosphorique. Quand on le traite dans une cornue avec du charbon, il donne un peu de phosphore, et se réduit en grande partie en phosphure d'argent, qui contient de 0.15 à 0.20 de phosphore. Pour peu que l'acide phosphorique, extrait des os à la manière ordinaire, contienne d'acide sulfurique, ce qui arrive presque toujours, je me suis apperçu qu'en l'évaporant dans des vaisseaux d'argent, ceux-ci étaient corrodés et percés quand la liqueur était bien concentrée; l'oxide d'argent formé par l'acide sulfurique est enlevé par l'acide phosphorique; et en fondant celui-ci dans un creuset, on en obtient, au lieu d'un verre transparent, un émail gris, verdâtre, qui est en partie du phosphure d'argent.

64. L'acide fluorique ne paraît point attaquer l'argent métallique; il s'unit bien à son oxide, et forme avec lui un sel indissoluble que les autres acides décomposent, et d'où ils chassent l'acide fluorique. On n'a point examiné les autres propriétés de ce sel, qu'on a confondu à tort avec le muriate d'argent, et qui a fait croire, parce que l'acide fluorique précipite le nitrate d'argent en une poudre blanche et lourde, que cet acide était le même que le muriatique.

65. L'acide boracique n'agit en aucune manière sur l'argent. On le combine à l'oxide de ce métal, en versant sur sa dissolution nitrique une dissolution d'un borate dissoluble quelconque. Le borate d'argent se précipite en poudre blanche

très-lourde et indissoluble. On n'a point examiné les propriétés de ce sel.

66. L'acide carbonique n'a aucune action sur l'argent; mais il s'unit aisément à son oxide. Celui-ci même, quand il est humide, absorbe l'acide carbonique de l'atmosphère, et c'est souvent par cette absorption que l'on manque la préparation de l'oxide d'argent ammoniacal fulminant, comme je l'ai indiqué plus haut. Quand on précipite le sulfate ou le nitrate d'argent par des carbonates alcalins, on obtient du carbonate d'argent en poudre blanche indissoluble. Ce sel, qui noircit par le contact de la lumière, donne aisément son acide carbonique par l'action du feu; et après avoir fourni du gaz oxigène pur, qui ne va guère qu'à 0.11 ou 0.12 sur cent parties de l'oxide d'argent le plus complet, il passe à l'état d'argent ductile.

67. Schéele a décrit la manière dont l'acide arsenique se comporte avec l'argent par la digestion, c'est-à-dire, en chauffant cet acide dissous dans l'eau sur l'argent; celui-ci n'est point attaqué : mais quand l'eau est évaporée, et quand on pousse au feu jusqu'à faire vitrifier l'acide, il se sublime de l'acide arsenieux, et il reste une matière vitreuse blanche qui contient l'argent oxidé, et qui est recouverte d'un verre jaune foncé. En chauffant de l'eau sur ces deux espèces de verres pulvérisés, ils deviennent d'un rouge brun; l'acide arsenique dissous emporte un peu d'oxide d'argent que l'acide muriatique y montre et en précipite. La poudre brune qui ne se dissout point, se fond à un grand feu, et prend une demi-transparence; en continuant le feu dans un creuset, l'argent qui y est contenu se réduit. Le nitrate d'argent est précipité en brun par l'acide arsenique, ainsi que par les arseniates. L'acide muriatique décompose ce précipité, et lui enlève l'argent en le séparant de l'acide arsenique. L'ammoniaque dissout aussi cet arseniate d'argent : c'est à cause de la couleur rouge de l'arseniate d'argent ainsi obtenu par la précipitation que les chimistes ont cru avoir fait de l'argent rouge, tandis que celui-ci est, comme je l'ai fait

voir, un oxide d'argent et d'antimoine sulfuré. Schéele a trouvé encore que l'acide arsenique liquide, mêlé à l'acide muriatique et digéré sur l'argent en limaille fine, l'oxidait en favorisant sa combinaison en muriate d'argent. L'acide arsenique prend en même temps l'état d'acide arsenieux.

68. L'acide tunstique ne paraît point avoir d'action sur l'argent; mais il enlève son oxide au nitrate de ce métal qu'il précipite en poudre blanche. On n'a point examiné encore les propriétés de ce tunstate d'argent; il en est de même de l'acide molybdique. On ne connaît point encore son union avec l'argent; il paraît précipiter le nitrate d'argent comme le fait l'acide tunstique, et former avec l'oxide de ce métal un sel blanc, pulvérulent, indissoluble.

69. L'acide chromique, uni à l'oxide d'argent, forme une combinaison très-remarquable. En versant du chromate de potasse dans la dissolution nitrique d'argent, il se produit un précipité pulvérulent du plus beau rouge de carmin, qui devient pourpre par son exposition à la lumière. Le chromate d'argent chauffé au chalumeau se fond avant que le charbon qui le supporte ne s'enflamme; il prend un aspect noirâtre et métallique. Pulvérisé dans cet état, il est encore pourpre; mais dès qu'on le chauffe avec la flamme bleue de la bougie dirigée par le chalumeau, le sel prend une couleur verte, et l'argent s'en sépare en globules disséminées dans la masse. L'acide chromique, décomposé par l'hidrogène de la flamme bleue, repasse à l'état d'oxide vert, et l'oxide d'argent est réduit. On peut prévoir que le chromate d'argent pourpre sera quelque jour découvert parmi les mines de ce métal; il existe dans la nature.

I. *Action sur les bases et sur les sels.*

70. L'argent ne forme aucune combinaison avec les terres. Quand il est à l'état d'oxide, il peut s'unir par la vitrification à quelques-unes d'entre elles, et colorer les verres ou les

émaux de nuances jaunâtres, vertes-olive et brunâtres; aussi est-ce pour obtenir quelques-unes de ces nuances variées qu'on l'emploie ; mais il n'est pas riche dans ce genre de coloration.

71. Les alcalis caustiques ou purs ne font éprouver aucune altération à l'argent. Son oxide est seulement dissoluble dans l'ammoniaque ; et si on expose long-temps cette dissolution à la lumière, l'ammoniaque se décompose, il se dégage du gaz azote, il se forme de l'eau, et l'argent se trouve réduit. On a vu plus haut que dans quelques cas cette réduction était accompagnée d'une forte détonation ou fulmination, qui même pouvait être déterminée par le contact ou par le simple frottement le plus léger, ou au moins par une pression, quand la matière n'était pas sèche.

72. Aucun sel proprement dit n'a d'action sur l'argent. Ce métal sort pur et sans altération des épreuves auxquelles on peut l'exposer avec les diverses matières salines. Il n'est oxidé sensiblement ni par les nitrates, ni par les muriates suroxigénés. Les métaux oxidables qu'il contient si souvent se laissent au contraire entamer et brûler peu à peu par ces matières; et j'ai fait remarquer ailleurs que le nitre était un des moyens de le purifier ou de l'affiner. Il a de plus trop peu d'attraction avec l'oxigène pour qu'il soit possible de l'altérer par les dissolutions métalliques. Cependant son oxide a plus d'attraction, comme on l'a vu, pour l'acide muriatique que n'en a la potasse ou la soude.

K. *Usages.*

73. On connaît trop généralement les usages de l'argent pour qu'il soit nécessaire d'entrer à cet égard dans de grands détails. Il est employé par tous les peuples civilisés pour représenter toutes les productions de la nature et de l'art ; on l'allie avec une quantité déterminée de cuivre; on le frappe en espèces de médailles portatives et nombreuses, que l'on nomme *monnaie*, et qui, avec un titre et un poids constans,

forment, parmi les hommes réunis en sociétés policées, le prix de toutes les marchandises et de toutes les denrées. Il est, sous ce point de vue, le type de la richesse et de l'aisance; mais c'est moins sa quantité réelle, que sa prompte et rapide circulation, qui fait la prospérité des peuples. Sa valeur particulière est fondée sur sa rareté ou son abondance : comme il augmente toujours en masse par celui qu'on extrait de la terre, on multiplie ses usages et son emploi; de sorte qu'il est peu à peu usité dans des cas et pour des ustensiles auxquels on ne l'avait point encore destiné : jusque-là cette augmentation est sensible de génération en génération et de siècle en siècle, non seulement par la multiplication des objets fabriqués en argent, mais encore par l'avilissement des monnaies de ce métal, comparées aux marchandises ou productions diverses qu'elles représentent.

74. L'usage de l'argent, comme ustensiles, et sur-tout pour ceux qui servent aux besoins de la vie, à préparer et à prendre les nourritures, est le plus essentiel de; et tous, sous ce point de vue, c'est vraiment un des métaux les plus précieux, à cause de ses belles propriétés, de son inaltérabilité, de son inoxidabilité, de son indissolubilité dans une foule de matières. Il serait même à desirer qu'on le destinât plus souvent, plus généralement et sur-tout plus abondamment au service de l'intérieur des maisons qu'on ne le fait encore, et qu'on le regardât plus comme un objet de salubrité que comme un objet de luxe. On pourrait même multiplier à cet égard les services que l'argent peut rendre aux hommes, en portant beaucoup plus haut que cela n'a été fait l'art de l'appliquer sur le cuivre, ou de faire, avec des lames minces de ce métal, soudées en quelque sorte par la chaleur et la pression à des lames épaisses de cuivre, ce qu'on nomme *le plaqué d'argent*. Les membres de l'académie des sciences ont vérifié, en 1788, qu'une lame d'argent pur extrêmement mince, appliquée exactement sur le cuivre, le défendait entièrement du contact de l'action de toutes

les matières, et qu'avec le trentième au plus du poids du cuivre en argent plaqué sur ce métal, on ferait des batteries de cuisine très-utiles et très-préférables au cuivre étamé ordinaire, soit par la confiance qu'elles mériteraient, soit par leur durée.

75. Cependant, malgré ces sages conseils d'hommes habiles et amis de leurs semblables, on ne voit presque point encore employer ces vases à surface d'argent, ces plaqués si avantageux. L'argent n'est réservé qu'à des arts et à des objets d'agrément; ce n'est pas dans les cuisines des riches, ce n'est pas pour la préparation de leurs alimens qu'il est employé; c'est au luxe, au spectacle et à l'ornement seulement qu'on le consacre. L'art de le faire servir à ce plaisir des yeux est poussé très-loin en France; et les artistes, par une industrie admirable autant qu'utile, centuplent de mille manières son prix réel. Associé au dessin, il sait lui donner les formes les plus pures et les plus belles. Le brillant du poli ou du bruni le plus vif, opposé aux parties mattes et d'un blanc pur, en fait un des corps les plus beaux, et qui plaît le plus à l'œil. Battu en feuilles minces, filé en fils ténus, mêlé avec la soie et la laine, appliqué à la surface du bois, des autres métaux et d'une foule de corps, il orne nos meubles, nos demeures, nos vêtemens; il défend, sous la forme d'argenture, la plupart des substances qu'il enveloppe d'une altération qu'elles éprouveraient sans cette couverture d'argent. En les enrichissant de sa belle couleur, et en leur prêtant sa riche parure, l'argent en écarte ou en annulle encore les propriétés désagréables ou dangereuses.

76. La médecine a cherché inutilement des vertus dans l'argent pour calmer ou guérir les maladies; elle n'y a trouvé, en le prenant allié aux acides et oxigéné, qu'un caustique violent qui ne sert que pour quelques applications extérieures, et qui ne doit jamais être employé à l'intérieur, quoiqu'on ait conseillé le nitrate d'argent diversement modifié, sous le

nom d'*argent hidragogue* de Boyle et d'Angelus Sala, de *teintures lunaires*, de *bezoardique lunaire*, de *pillules lunaires*. En vain a-t-on voulu lui attribuer la qualité fortifiante et alexipharmaque. Une observation plus sévère a prouvé qu'il était entièrement et absolument inactif dans son état métallique. On le rejette même aujourd'hui de ces électuaires qu'il faisait autrefois briller aux yeux des malades. Il est réduit au modeste usage de revêtir des pillules, dont il masque la couleur et diminue quelques propriétés désagréables.

ARTICLE XXI.

De l'Or.

A. *Histoire.*

1. Il en est de l'or comme comme de l'argent. L'époque de sa découverte se perd dans la nuit des temps, et la tradition ne fournit parmi les hommes aucune trace des événemens qui le leur ont fait connaître pour la première fois. On ne peut douter que ses belles propriétés, son inaltérabilité, son indestructibilité n'aient été appréciées presque aussitôt qu'il a été découvert, et qu'elles ne soient promptement devenues l'objet de l'estime et presque du culte général. Aussi la folie qui a pour but chimérique de le former de toutes pièces, de le créer comme la nature, est-elle une des maladies qui ont depuis longtemps travaillé l'espèce humaine. Tandis que quelques fanatiques se sont épuisés en vains et ruineux efforts pour produire de l'or, la foule a été généralement emportée par le desir d'en acquérir et d'en accumuler. Le philosophe, qui calcule les crimes de tous les genres que cette passion effrénée a fait

commettre sur le globe, est obligé de conclure que, malgré les avantages que ce métal a procurés à la société, la somme des maux qu'il a produits l'emporte de beaucoup sur celle du bien qu'il a fait naître.

2. Dans la suite des recherches et des expériences nombreuses qui ont été faites sur l'or, les longs et pénibles travaux entrepris par les alchimistes tiennent le premier rang, et ouvrent, pour ainsi dire, la scène des découvertes chimiques dont il a été l'objet. Après avoir regardé l'or comme le plus pur, le plus parfait, le plus inaltérable, le plus simple des métaux; après l'avoir décoré du vain titre de roi, ils l'ont comparé au soleil, et ils l'ont représenté par le même emblème. Un cercle était le signe de sa perfection et de son immutabilité; c'était pour eux l'extrême, le *summum* de la métallisation, l'œuvre le plus accompli parmi les fossiles; et peu s'en est fallu que dans leur délire ils ne l'aient placé à la tête de la création. Non seulement, suivant eux, il ne contenait rien d'âcre, rien d'étranger à la nature métallique; mais il était le produit d'une maturation accomplie, d'une incubation perfectionnée. De là les lentes expériences auxquelles ils soumettaient les autres métaux pour les mûrir et les perfectionner; de là l'infatigable patience qu'ils apportaient dans leurs recherches, et les formes ridicules même qu'ils donnaient à leurs instrumens. L'argent, le plus voisin de l'état d'or, n'avait, dans leurs hypothétiques opinions, qu'un dernier degré d'amélioration à subir, qu'une teinture à acquérir, qu'une sorte d'affinage et de fixité à éprouver.

3. Malheureux artisans d'un métier qui n'a jamais existé, et dont il est douteux que l'objet soit jamais déterminé, quoiqu'on ne puisse pas assurer qu'il y ait une impossibilité absolue de découvrir sa nature et sa composition intime, plus les alchimistes ont travaillé, et plus ils semblent s'être écartés du but qu'ils voulaient atteindre. Tout a prouvé jusqu'ici que l'or, comme les autres métaux, est un corps indes-

tructible dont on ne peut séparer aucun principe, qu'on ne peut en aucune manière décomposer, et qui se comporte dans toutes les circonstances des opérations chimiques comme une matière simple ou indécomposable. Tout en ne faisant rien de ce qu'ils voulaient faire, les alchimistes ont appris à traiter l'or de beaucoup de manières différentes, à le faire changer de forme et de propriété, à le rappeler à son premier état, à le faire sortir aussi pur, aussi brillant et aussi intact des tortures multipliées qu'ils lui ont fait subir; à le faire entrer dans différentes compositions, et sur-tout à le faire servir à plusieurs opérations curieuses ou utiles.

4. C'est dans les récits fastueux des alchimistes que les premiers chimistes systématiques ont puisé les connaissances qu'ils ont commencé à recueillir et à disposer méthodiquement sur l'or. Ils ont également profité des nombreux travaux des adeptes, entrepris dans l'intention toujours trompée et toujours renaissante jusqu'aux jours de la physique expérimentale, de trouver dans ce métal une panacée, un remède universel. Toutes les recettes d'or potable, de teintures et d'élixirs aurifiques, tous les moyens prétendus de le diviser, de l'atténuer, de le dissoudre, ont été pour les véritables chimistes autant de faits sur ses affinités et ses combinaisons. Les travaux plus sensés des docimastiques et des métallurgistes sur l'art d'essayer, de purifier, d'extraire, d'affiner, d'allier, de fondre, de couler, de forger et d'employer l'or de mille manières différentes, ont fourni beaucoup de détails utiles aux chimistes pour composer l'histoire de ce métal important. Enfin, les nombreuses et industrieuses pratiques de plusieurs arts dans lesquels on emploie l'or pour lui donner cent formes variées, pour le multiplier en surfaces, pour le faire briller en bijoux, ont encore servi aux auteurs des traités de chimie; et de cette source abondante ont découlé tous les faits qui composent son histoire particulière.

5. L'or est celui de tous les métaux qui a eu le plus d'his-

toriens particuliers ou d'auteurs monographes. Quoique le plus grand nombre des ouvrages d'alchimie n'en aient présenté que la fable, on peut cependant les compter dans cette classe de traités monographiques sur l'or. Parmi ceux qui ont fourni le plus de faits utiles ou singuliers, et qui, sans être entièrement débarrassés des idées alchimiques, les ont données au moins avec quelque sagesse, il faut sur-tout distinguer Glauber, Clavéus, Dickinson, Helvétius, Orschall, Kunckel, Barba, Borrichius, Cassius et Henckel. Boyle, Muschenbroëck, Nollet, parmi les physiciens, ont rassemblé le plus de faits utiles sur les propriétés physiques de l'or. Wallerius, Lewis, Eschembach, Gellert, Salchow, Tillet, de Born, Ferber, Sage, Ribaucourt, sont les chimistes qui ont le mieux écrit, soit sur les essais, soit sur le traitement en grand, soit sur l'ensemble des propriétés de ce métal précieux. Bergman et Schéele, les citoyens Van-Marum et Berthollet, ont ajouté en dernier lieu des faits importans sur l'oxidation, la dissolution, et sur plusieurs des composés que l'or est susceptible de former.

6. Quoique, depuis la naissance et l'établissement de la doctrine pneumatique, on n'ait point fait de recherches particulières et suivies sur l'or, cette doctrine a beaucoup avancé la connoissance des propriétés de ce précieux métal. C'est à elle que l'on doit attribuer la notion précise de l'oxidabilité de l'or, qui n'était pas comprise auparavant; de sa dissolubilité dans quelques acides, et de son indissolubilité dans d'autres; des divers phénomènes de ses précipitations; des sels qu'il forme; de son peu d'attraction pour l'oxigène, comparée à celle des autres métaux pour ce principe; de sa combinaison fulminante avec l'ammoniaque; en un mot, de toutes les propriétés qui le distinguent et qui le caractérisent, comme les détails dans lesquels je vais entrer le prouveront.

B. *Propriétés physiques.*

7. L'or est un des plus brillans et des plus beaux des métaux : sa couleur jaune particulière et son éclat remarquable attirent et réjouissent les yeux, quoiqu'ils soient moins vifs et moins agréables peut-être que dans l'argent. Malouin remarquait que dans les leçons qu'il faisait sur l'or, la figure de ses auditeurs présentait le signe de la joie et du contentement lorsqu'il leur offrait l'aspect de ce métal ; et il est certain, par une expérience familière et multipliée, qu'une grande surface d'or bien bruni attire tous les regards, et excite dans ceux qui la voient un sentiment d'hilarité, une sorte de jouissance dont il est difficile de ne pas saisir l'impression quand on regarde attentivement ceux qui l'éprouvent. Il n'est pas douteux que ce sentiment soit dans la nature et qu'il indique une jouissance réelle. Sans doute le moral des individus, affecté par le prix qu'ils attachent à l'or, y contribue ; mais il n'en faut pas moins compter sur cette propriété de la couleur de l'or, quoiqu'il ne soit pas permis de conclure de là que ce métal ait une qualité alexitère et alexipharmaque, comme on le faisait encore il y a soixante ans en médecine. La couleur de l'or n'est pas constante dans son ton ou sa nuance, un grand nombre de circonstances peuvent la faire varier : on en distingue de jaune blanc, de jaune pâle et comme citrin, de jaune vert et de jaune rouge ; mais il est vraisemblable que cette différence, trop forte pour être due à divers états physiques, provient de quelques métaux qui lui sont alliés. Newton ayant trouvé qu'une feuille d'or très-mince, placée entre l'œil et la lumière, paraissait d'un bleu verdâtre, en a conclu que ce métal, en réfléchissant des rayons jaunes, admettait par réfraction dans son intérieur un peu de lumière bleue, qui, après s'être réfléchie çà et là par les molécules métalliques, était entièrement éteinte.

8. La densité de l'or est telle qu'on l'a cru long-temps le corps le plus pesant de la nature ; on sait aujourd'hui qu'il ne tient que le second rang, et qu'il cède la première place au platine. Cronstedt et Wallerius ont indiqué le rapport de sa pesanteur à celle de l'eau, comme 19.640 : 1.000 ; Lewis l'estimait entre 19.300 et 19.400 ; Muschenbroëck l'a trouvée de 19.640, 19.521, 19.238 ; on l'estime le plus ordinairement à 19.258 : forgé, il est un peu plus lourd que fondu. Sa dureté n'est pas très-considérable ; suivant le citoyen Guyton elle ne tient que le cinquième rang parmi les métaux ; il est assez mou pour qu'on puisse le ployer facilement dans toutes sortes de sens, et pour qu'il soit indispensable de le durcir par un alliage pour l'employer ; son élasticité est faible ainsi que sa propriété sonore, qu'on a coutume de désigner souvent par l'épithète d'obscure.

9. La ductilité de l'or est une de ses propriétés les plus singulières, et qui excite le plus d'admiration lorsqu'on la compare à celle des autres métaux, et qu'en reconnaissant sa supériorité on considère les phénomènes auxquels elle donne naissance. Suivant des calculs très-bien faits par Wallerius, Réaumur, Lewis, Geoffroy, etc. un grain d'or peut fournir un fil de 500 pieds de longueur. Boerhaave cite même, d'après Cassius, un ouvrier d'Ausbourg assez adroit pour avoir tiré effectivement un grain d'or en un fil de 500 pieds. Une once de ce métal peut dorer un fil d'argent de 444 lieues ; un grain d'or aplati en feuilles peut couvrir une aire de plus de 1400 pouces carrés. Il peut être tellement alongé ou aminci qu'il occupe 65.590 fois le premier espace qu'il occupait. Sa ténacité est aussi la plus considérable connue. Un fil d'or d'un dixième de pouce de diamètre soutient un poids de 500 livres avant de se rompre. Réaumur remarque qu'une couche ou feuille d'or couvrant $\frac{11}{1000000}$ d'un pouce de fil d'argent forme un tube continu, opaque, qu'on peut, suivant l'expérience de Haller, obtenir entier et séparé de l'argent, en dissolvant

celui-ci dans de l'acide nitrique. Cette étonnante ductilité de l'or s'affaiblit et fait place à de la roideur et de l'élasticité plus forte, quand l'or a été battu, comprimé, passé à la filière. On dit alors que l'or s'écrouit; mais on lui rend sa ductilité accoutumée par le recuit, ou en le faisant rougir au feu et refroidir lentement.

10. L'or est bon conducteur du calorique. On n'a pas déterminé exactement cette propriété, non plus que sa dilatabilité par l'action du feu, quoiqu'on sache en général qu'elle suit de près la raison de sa fusibilité. L'or rougit quand il est pénétré d'une suffisante quantité de calorique; et quand il est d'un rouge brillant comme un charbon, il se ramollit, se fond et coule. La fusion de l'or pur est assez facile. Mortimer l'estimait à 1300 degrés du thermomètre de Fahrenheit. Le citoyen Guyton l'a déterminée à 32 degrés du pyromètre de Weedgwood; tandis que, comme je l'ai dit, il détermine celle de l'argent à 28. On observe dans les ateliers des orfèvres que de l'or en limaille ou en grenaille se fond plus difficilement que de l'or en lingots ou en gros morceaux, que les petits fragmens ont de la peine à ne faire qu'une seule pièce par la fusion, et qu'ils restent souvent comme ceux de l'argent en globules séparés. Aussi pour les réunir en une seule masse homogène, ce qu'ils nomment *assembler l'or*, ils jettent dans leur creuset un peu de nitre ou de borax, qui paraît en détruire les petits corps étrangers, les poussières dont les petits fragmens d'or et d'argent étaient enduits, et qui les empêchaient de se réunir. Une autre observation de pratique non moins importante sur la fusion de l'or, c'est que si on ne lui donnait que le simple degré de chaleur nécessaire pour le fondre, il resterait cassant après son refroidissement : on est obligé de l'élever à une beaucoup plus haute température que celle qui suffit à sa fusion pour lui conserver sa ductilité. Le même inconvénient a lieu si on le laisse refroidir trop subitement, si on le coule dans une lin-

gotière ou dans un moule froid : il faut donc bien chauffer ces ustensiles avant d'y couler l'or en fusion.

11. En augmentant la chaleur de l'or fondu, il semble prendre une forme plus convexe à sa surface, tandis qu'il s'aplatit quand il se fige. Lewis attribue à cet effet le peu d'exactitude des formes que l'or pur prend dans les moules. Si on le laisse refroidir lentement, et si au moment où il se fige à sa surface on fait écouler, en brisant la croûte solide, la portion liquide qu'elle recouvre, il affecte, dans la cavité que laisse cette portion décantée, une forme cristalline et régulière que Mongez et Tillet ont obtenue et bien décrite : ce sont des pyramides quadrangulaires très-prononcées, ou des octaèdres réguliers. Il présente la même forme dans la nature. En continuant à le chauffer, lorsqu'il est en fusion parfaite, on le voit s'agiter, tourner, pour ainsi dire, sur lui-même, et prendre une espèce de mouvement d'ébullition. Ce phénomène, bien observé au foyer de la lentille ardente de l'académie par Homberg et Macquer, et qu'on peut voir toutes les fois qu'on en fond un petit globule au chalumeau, se termine par une véritable volatilisation de l'or : et quoique cette sublimation, cette évaporation soient moins marquées que celles de l'argent ; quoique l'or soit réellement moins volatil que celui-ci, sans doute à raison de sa densité presque double, il s'élève cependant en vapeur ; et Macquer l'a vu, sous la forme de fumée, portée à cinq à six pouces d'élévation, se figeant et s'attachant à la surface d'une lame d'argent, la dorer d'une manière fort exacte : aussi éprouve-t-on un léger déchet sur l'argent et l'or qu'on tient long-temps fondus à ces hautes températures qui les agitent et les réduisent en vapeurs.

12. L'or n'a ni saveur ni odeur : ce qu'il doit au rapprochement de ses molécules, à leur densité ; et il ne présente pas, au moins d'une manière aussi marquée, cette atmosphère qui enveloppe ou entoure la plupart des autres matières métalliques, si bien caractérisées par ces deux propriétés qui les

distinguent. Cependant l'or est très-bon conducteur du fluide électrique, et de cette puissance irritante de l'organe musculaire, nommée Galvanisme dans les expériences modernes.

C. *Histoire naturelle.*

13. C'est encore un problème en minéralogie et en chimie que de savoir si l'or est minéralisé dans le globe, et s'il n'est pas au contraire simplement disséminé dans les mines très-variées de nature et de propriétés où il est contenu et d'où on le retire. Souvent il est à l'état métallique et brillant; mais il y a tant de minéraux divers où on le montre, et d'où on l'extrait, que, pour prendre une idée convenable de son histoire naturelle, il est indispensable de traiter d'abord de l'or natif, ensuite de l'or caché dans les minérais aurifères, de quelque nature que soient ces minéraux.

14. L'or natif, si reconnaissable par sa couleur, son brillant, sa pesanteur, se trouve si fréquemment à la surface et dans l'intérieur du globe, quoique toujours peu abondamment en général, que Bergman a pensé qu'après le fer ce métal était le plus universellement répandu. Sous la forme de petites masses isolées, de lames, de filets ou de grains, il roule avec le sable dans les eaux des fleuves et des rivières qui l'ont arraché aux montagnes ou aux terrains où elles prennent leur source. C'est ainsi qu'on le rencontre souvent au Pérou, en Afrique, en France, en Allemagne. En Afrique, cinq livres de sable contiennent souvent 63 grains d'or, tandis qu'en France il est assez rare de trouver du sable qui, sur cent livres, en tienne plus de 20 à 24 grains. Cependant ce sable peut être exploité avec avantage. On a même proposé, à la vérité sans succès, de travailler un sable de Hongrie, dont 10,000 livres ne tiennent que 10 à 12 grains d'or. Le sable le plus aurifère est celui qui est rouge ou brun.

Le second état où se trouve l'or natif est celui de parcelles

ou de morceaux plus ou moins gros ou sensibles, renfermés dans une gangue pierreuse, presque toujours de quartz, quelquefois de jaspe, de cornéenne, etc. Le Pérou, le Mexique, la Sibérie, la Hongrie, le Tyrol, la France, etc., l'offrent plus particulièrement dans cet état. La forme de cet or natif varie beaucoup ; il est en lames, en paillettes, en grains, en cristaux octaèdres, en prismes tétraèdres, en pyramides à quatre faces, en filets capillaires ou en masses irrégulièrement arrondies, qu'on nomme *rognons*. C'est cette mine d'or qui donne naissance au sable aurifère.

15. Il ne faut pas croire que l'or natif soit de l'or pur ; il est allié à du cuivre, à de l'argent, à du fer, même à du mercure : voilà ce qui lui donne les couleurs si variées qui distinguent l'or de tel ou tel pays, le jaune pâle, le jaune foncé, le jaune rougeâtre, le jaune verdâtre, l'or bien ductile, l'or roide, l'or pliant, l'or cassant ; car il présente toutes ces propriétés dans les divers morceaux d'or natif de différens pays que l'on compare entre eux : de sorte qu'en regardant cet or natif comme une véritable espèce parmi les mines de ce métal, c'est plutôt parmi les alliages naturels qu'il faudrait le placer, dans un système minéralogique fondé sur la nature intime des fossiles, le seul que les connaissances actuelles engagent aujourd'hui à admettre.

16. M. Kirwan compte cinq espèces de mines qui contiennent de l'or, et qu'il range conséquemment à la suite de la seule véritable espèce des mines de ce métal, c'est-à-dire, de l'or natif ; savoir, les pyrites jaunes ou martiales, les pyrites arsenicales ; la mine d'argent blanche, rouge ou vitreuse ; la mine sulfureuse d'argent, de fer, de plomb et de manganèse de Transylvanie ; enfin, le cuivre et le fer sulfurés avec du manganèse. Il est vrai qu'il ajoute, au commencement de chacun de ces articles, les mots *or mêlé* ; ce qui annonce manifestement qu'il regarde ces mines comme autant de mélanges, et qu'il pense avec Bergman que l'or n'est que

disséminé et non minéralisé. Bergman observe en effet, d'après l'examen de plusieurs pyrites aurifères, que l'or qu'on en extrait par leur digestion dans l'acide nitrique est en petits grains anguleux, qui prouvent que ce métal existait à l'état de simple mélange et de non composition dans les pyrites. Ainsi les mines de cuivre, d'argent, de plomb, de fer, de cobalt, d'antimoine, d'où l'on extrait souvent de l'or par les travaux docimastiques et métallurgiques, paraissent contenir ce métal simplement disséminé entre leurs molécules; et l'on peut penser que lorsque ces mines se décomposent, s'effleurissent, se sulfatisent et se dissolvent, l'or qui s'en sépare est alors roulé par les eaux, déposé dans les sables comme s'il était de l'or natif.

17. Peut-être cependant est-il nécessaire de distinguer de ces mines, où l'or paraît être disséminé avec toutes ses propriétés, celles de Faltzbay, d'Offenbaya et de Nagyag en Transylvanie, dans lesquelles de Born avait d'abord soupçonné, avec plusieurs autres minéralogistes, que l'or était combiné avec le soufre, l'antimoine, l'arsenic, le fer et l'argent, et dans lesquelles M. Klaproth a depuis peu (janvier 1798) trouvé le métal nouveau nommé *tellure*, puisque ce métal, qui avait été pris auparavant pour de l'antimoine, paraît avoir une grande attraction pour l'or. Cependant le chimiste de Berlin ne s'est point encore expliqué sur cet objet; et ce qu'on a fait sur les autres minérais aurifères, où l'or est disséminé, permet de croire qu'il présente dans celles-ci le même état de simple mélange. Il faut noter ici, qu'excepté l'*aurum* ou *metallum problematicum* de Faltzbay, où l'or n'est contenu qu'à la proportion très-petite de deux millièmes, la mine d'Offenbaya en contient 0.30, la mine jaune de Nagyag en recèle 0.27, et la mine feuilletée grise du même lieu en renferme 0.08 et demie.

18. Il résulte donc de ce qui vient d'être exposé sur l'histoire naturelle de l'or, que ce métal n'existe pur et bien isolé dans

aucun fossile ; qu'il est toujours dans l'état d'alliage ; que c'est là même son état unique dans le globe ; que souvent il est disséminé ou mélangé dans d'autres mines, et qu'on ne connaît, ni sulfure, ni oxides, ni sels d'or dans la nature : ce qui tient manifestement au peu d'attraction que l'or exerce sur les autres corps naturels, et à la force qui rapproche ses propres molécules, comme le prouveront tous les faits de son histoire chimique.

D. *Essais et métallurgie.*

19. Il n'y a pas d'essais plus simples et plus faciles à faire que ceux des mines d'or, lorsqu'ils n'ont lieu que sur ce qu'on nomme *or natif ;* mais quand il est question de minérais sulfureux aurifères, on trouve plus de difficultés : c'est par la voie humide seulement qu'on doit y procéder, et ce sont les procédés indiqués par Bergman qui réussissent le mieux, et qui doivent être employés. L'or natif, ordinairement allié de cuivre, d'argent et de fer, est traité par l'acide nitro-muriatique. L'argent se dépose spontanément en muriate d'argent indissoluble, dont un cinquième du poids appartient à ce métal ; l'or est précipité en poussière fine par le sulfate de fer ; le fer est indiqué par le prussiate de potasse, et le cuivre est séparé par le fer : on fait chacune de ces opérations sur des portions particulières d'or natif.

20. Les sulfures de fer aurifères sont réduits en poudre : on les fait digérer dans de l'acide nitrique délayé à 45 degrés de température, en employant à plusieurs reprises six parties de cet acide pour une partie de mine, jusqu'à ce que le soufre soit séparé pur et sous sa couleur naturelle. Il faut douze à à seize parties d'acide pour une partie de pyrite. Le soufre reste à la surface de la liqueur, et l'or se trouve au fond en poudre brune. On le sépare de la gangue indissoluble par le lavage : c'est sur ces particules d'or qu'on observe la forme

anguleuse qui annonce qu'elles étaient disséminées dans la mine. Les autres métaux, le fer, le cuivre, le zinc et les gangues terreuses, calcaires et alumineuses, qui peuvent exister dans les sulfures aurifères, se reconnaissent et se séparent à l'aide des différens procédés indiqués dans les articles qui les concernent. Les poids réunis de toutes les substances obtenues à part doivent répondre au poids total de la mine. On voit bien que les mêmes procédés peuvent servir à l'analyse de tous les minérais aurifères, de quelque nature qu'ils soient.

21. Quant aux mines d'or de Transylvanie, où M. Klaproth a trouvé le nouveau métal qu'il a nommé *tellure*, voici comment il en a fait l'essai analytique. Il les a fait chauffer dans six parties d'acide muriatique, en ajoutant trois parties d'acide nitrique qu'il a fait bouillir ; par ce moyen il a obtenu une dissolution complète ; il a précipité cette dissolution par la potasse caustique, qu'il a employée assez abondamment pour redissoudre le dépôt blanc formé d'abord ; il est resté des flocons bruns composés d'oxides d'or et de fer. Il a versé de l'acide muriatique dans la dissolution alcaline, jusqu'à ce qu'il ne se précipitât plus de poussière blanche, en évitant de mettre un excès de cet acide : il a traité cette poudre avec une huile grasse dans une cornue qu'il a chauffée jusqu'à la faire rougir. Cet oxide de tellure s'est réduit en métal blanc, brillant et cristallisé, dont une partie s'est volatilisée, qu'il a examiné en particulier, et dans lequel il a trouvé les propriétés que j'ai indiquées ailleurs. M. Bindheim avait déja analysé avant M. Klaproth la mine de Nagyag par un procédé qui peut avoir son avantage pour trouver et extraire l'or, quoiqu'il ne lui ait pas fait découvrir le métal particulier qui y est contenu. Après avoir tenu la mine pulvérisée dans un creuset ouvert jusqu'à ce que tout le soufre fût brûlé, il a jeté le résidu encore chaud dans l'eau, et il en est resté une matière brune rougeâtre indissoluble. Il l'a fait digérer sèche dans trois parties d'acide nitro-muriatique ; il y a ajouté de

l'éther qu'il a fortement agité : l'éther a enlevé l'or qu'il a réduit ; et après l'avoir fait évaporer à l'aide de la chaleur, ce métal est resté pur et ductile.

22. Les procédés suivis dans l'extraction de l'or sont simples et faciles à concevoir, d'après tout ce que j'ai déja exposé sur les travaux métallurgiques dans tous les articles précédens. Le sable aurifère des rivières est lavé à la main dans des sebiles de bois par des hommes qu'on nomme *orpailleurs*. L'or natif ne demande qu'à être extrait de sa gangue et réuni : pour cela on le fait passer au bocard ; on le lave pour entraîner la gangue réduite en poussière légère que l'eau emporte ; on la broie dans un moulin plein d'eau avec dix ou douze fois son poids de mercure ; on décante l'eau, qui entraîne tout ce qui est terreux. L'amalgame une fois séparée de la terre, et bien brillante, est exprimée dans des peaux pour séparer la portion de mercure excédente à la dissolution de l'or. La portion épaisse et solide que laisse l'expression est chauffée dans des cornues de grès, qu'on fait bien rougir, pour obtenir à part le mercure, et l'or qui reste est fondu et coulé en *barres* ou en lingots.

Quant à l'or qui est disséminé ou combiné dans les mines d'argent, de cuivre ou de plomb, on l'extrait par la liquation, la coupellation et le départ. Le plomb qui coule pendant la liquation du cuivre argentifere et aurifère, entraîne avec lui l'argent et l'or ; on le coupelle ensuite pour scorifier le plomb. L'or et l'argent restent intacts et alliés ; on les sépare par le départ qui sera décrit en parlant de cet alliage. On a proposé de traiter les pyrites aurifères par l'amalgamation, dont la réussite, déja constatée en Allemagne et au Pérou, prouve que l'or y est dans un simple état de dissémination, et non combiné.

23. De tous les métaux connus jusqu'ici, l'or est le plus indestructible et le plus inaltérable par le contact de l'air ; il est le seul d'entre eux qui y conserve son éclat, son brillant,

sa couleur et toute sa pureté ; le seul qui résiste aux siècles même accumulés. Les dorures de tous les édifices publics, que les chimistes ont coutume de citer pour prouver cette inaltérabilité de l'or par l'air et par les vapeurs qu'il transporte, ne sont encore que des exemples faibles en comparaison de ces étoiles d'or attachées aux voûtes des temples bâtis il y a des milliers d'années par les Égyptiens, et que des voyageurs modernes ont vues récemment briller de tout leur éclat sur les débris de ces voûtes immenses échappées à travers les siècles à la faulx du temps. L'or s'éloigne beaucoup, par cette belle propriété, de l'argent, dont la couleur se ternit, et qui prend une couleur noire par sa longue exposition à l'air.

24. Quelque forte et quelque durable que soit la chaleur des fourneaux à laquelle on tient l'or fondu, elle n'est point suffisante pour l'altérer et en convertir même une parcelle en oxide. Clavéus, Kunckel, Boyle ont tenu ainsi, pendant des mois entiers, de l'or en fusion au plus grand feu des fourneaux, et ils n'y ont remarqué aucune altération. Le citoyen Baumé dit avoir tenu pendant une année entière de l'or en feuilles, broyé en poussière fine et continuellement rouge de feu, dans un vase où l'air pénétrait, sans qu'il lui soit arrivé de changement sensible. Les alchimistes ont cependant prétendu que, par un feu de réverbère, ce métal était susceptible de s'oxider. On remarque que quand l'or est bien fondu et bien incandescent, il présente à sa surface une flamme verdâtre ou couleur d'eau bien sensible. Mais il est évident aujourd'hui que si l'on n'a rien fait éprouver dans les expériences, c'est qu'on n'a point employé une température assez élevée, comme les résultats suivans le démontrent.

25. Homberg ayant exposé de l'or pur au foyer de la lentille ardente de Tchirnausen, avait vu ce métal fumer, se réduire en vapeur et se couvrir d'un oxide vitrifié violet. Ce fait avait été attribué à des corps étrangers, et sur-

tout au charbon qui servait de support à l'or, jusqu'à l'époque où Macquer reprit les expériences de Homberg à la nouvelle lentille de l'académie, beaucoup plus forte que celle de Tchirnausen. Après avoir vérifié la volatilisation de l'or en fumée, et l'avoir vu, au foyer de ce miroir, agité d'un mouvement rapide sur lui-même, il a observé qu'il se couvrait d'une pellicule matte et ridée, qu'il se formait à la longue au milieu de cette espèce de voile une vitrification solide, faisant une portion de sphère plus petite que le globule d'or, et y étant comme enchâssée à la manière de la cornée transparente sur le globe de l'œil. Cette vitrification s'est peu à peu étendue, et a formé une calotte très-visible, tandis que l'or diminuait en même temps ; le support a toujours été imprégné d'une trace purpurine manifestement due à un peu de verre absorbé. Ainsi l'on ne peut pas douter que l'or ne s'oxide par ce procédé, sur-tout lorsque par d'autres états de ce métal on trouve qu'il est susceptible de prendre souvent cette forme de poussière brune ou pourpre foncée ; couleur qui est un des indices d'après lesquels on reconnaît le plus surement son oxidation.

26. Le citoyen Comus a le premier décrit, en 1773, l'effet de l'électricité sur une feuille d'or placée entre deux cartes, et indiqué qu'il se changeait en une poussière violette adhérente au papier qui lui paraissait être une *chaux* d'or, comme on nommait alors les oxides métalliques. On savait déja depuis long-temps que l'or prenait la même couleur par le contact et l'ébullition de l'acide nitrique dans le départ, et qu'il la donnait aux verres et aux émaux dans les couvertes et les peintures sur porcelaine ; mais les chimistes n'en regardaient pas plus ces changemens de l'or comme le produit d'une oxidation, parce qu'ils voyaient ces couleurs repasser facilement et promptement au brillant de l'or par l'action du feu. Ils étaient donc portés à regarder cette oxidation comme une simple division de ce métal, jusqu'à ce que le

citoyen Van-Marum eût trouvé dans les grands effets de la machine électrique de Teyler, établie à Harlem, le moyen de brûler l'or avec un tel éclat, qu'il ne fût plus permis de douter de sa véritable combustibilité. Un fil d'or suspendu à l'air et mis en communication avec un conducteur électrique, de manière à le faire traverser par l'étincelle foudroyante, se brise, s'allume avec une flamme verte très-sensible, se réduit en une poussière que l'air emporte comme une fumée; il ne faut même que très-peu d'air pour favoriser la combustibilité de l'or; on a été jusqu'à penser d'après l'inflammation de ce métal obtenue par l'étincelle électrique dans des récipiens pleins de gaz hidrogène et d'autres fluides élastiques qui ne peuvent point servir à la combustion, que cette expérience pourrait faire une forte objection à la doctrine pneumatique; mais la découverte de la décomposition de l'eau par l'électricité, et la présence constante de ce liquide dans la plupart des gaz ont détruit cette objection. On sait que de même l'oxidation de l'or en violet a lieu sur les dorures que frappe ou que parcourt la foudre quand elle tombe sur les maisons.

27. L'oxide d'or, formé par les divers procédés que je viens d'indiquer, est facile à réduire; il n'adhère que peu avec l'oxigène qui lui est uni. Le contact du calorique seul suffit pour l'en dégager et pour remettre plus ou moins promptement l'oxide à l'état métallique. Il paraît que cet oxide pourpre contient environ cinq à six pour cent d'oxigène; que ce n'est pas le dernier terme de l'oxidation de l'or, que l'on peut porter à huit ou dix pour cent d'oxigène, comme je le ferai voir plus bas; qu'il est impossible par la seule action de l'air, d'une haute température et de la commotion électrique, de pousser plus loin cette oxidation de l'or qu'au violet; que l'oxide pourpre d'or, obtenu en si petite quantité et si difficilement par ces procédés, n'est pas susceptible d'absorber à l'air la portion d'oxigène à laquelle il peut être uni dans d'autres opérations chimiques; qu'il est en conséquence inaltérable à l'air, et

qu'il y conserve long-temps sa brillante et riche couleur ; que cependant une longue exposition à la lumière du soleil, quand cet oxide n'est pas engagé dans une combinaison vitriforme, le décompose et le réduit à l'état métallique.

F. *Union avec les corps combustibles.*

28. Il y a beaucoup de corps combustibles avec lesquels l'or peut se combiner ; l'azote, l'hidrogène, le carbone, le soufre et le diamant ne contractent cependant pas d'union avec lui. L'hidrogène réduit facilement son oxide pourpre et même son oxide plus avancé uni aux acides dont je parlerai bientôt. On a cru que le charbon recouvrant l'or fondu le rendait aigre ; mais les procédés qu'on suit dans quelques ateliers monétaires, en jetant du charbon dans les creusets où on le fond, prouvent le contraire de cette assertion. Le soufre a si peu d'attraction pour l'or, et tant d'ailleurs pour les autres métaux, qu'on l'a employé pour séparer ceux-ci, et sur-tout l'argent de l'or, comme je le dirai en parlant des alliages de ce dernier métal. Les sulfures alcalins ont la propriété de dissoudre facilement l'or. Quand on fait fondre dans un creuset parties égales de potasse ou de soude et de soufre avec un huitième de leur poids total d'or en feuilles, celui-ci se combine avec le sulfure et disparaît. Cette matière, coulée sur une plaque et dissoute dans l'eau, n'offre aucune trace de l'or métallique. Tout est dissoluble dans l'eau ; on peut précipiter le soufre et l'or par les acides, et obtenir l'or pur et isolé en chauffant le précipité dans un creuset, jusqu'à ce que le soufre soit volatilisé. Il n'y a pas lieu de douter que dans cette combinaison l'or ne soit à l'état d'oxide pourpre, et que son oxidation ne soit provoquée par la décomposition de l'eau, due au sulfure alcalin. Il est difficile d'expliquer comment Stahl a pu faire une dissertation sérieuse sur la prétendue dissolution du veau d'or des Israélites, et pour prouver que Moyse avait fait cette dissolution au moyen du sulfure de potasse ou *foie de soufre*.

29. Pelletier a prouvé que le phosphore se combinait à l'or en chauffant dans un creuset un mélange d'une partie d'or en limaille fine, avec deux parties d'acide phosphorique vitreux et d'un huitième de charbon ; une grande partie du phosphore dégagée de l'acide s'est volatilisée, mais il en est resté une petite quantité unie à l'or : ce métal était plus blanc et fragile; il avait une apparence de cristallisation ; il ne paraissait contenir qu'un vingt-quatrième de son poids de phosphore. Il est parvenu également à combiner le phosphore avec l'or en jetant du phosphore sur de l'or bien rouge dans un creuset ; il a eu le même résultat que dans la première expérience : l'or a pris un vingt-quatrième de son poids de phosphore. Il est devenu pâle, grenu, cassant, et un peu plus fusible qu'il n'était. Le phosphore s'en sépare en vapeur et en s'enflammant, lorsqu'on tient quelque temps en fusion le phosphure d'or.

30. L'or est susceptible de s'allier à la plupart des substances métalliques, qui changent singulièrement ses propriétés. L'arsenic le rend aigre, cassant, difficile à limer, d'un tissu grenu et sur-tout très-pâle ; il devient en même temps très-gris par cette espèce d'alliage. On lui enlève l'arsenic par l'action du feu ; mais il faut qu'il soit fort et long-temps continué, parce que les dernières portions d'arsenic tiennent beaucoup à ce métal. Cet alliage n'a encore été employé à aucun usage.

On n'a point encore examiné l'union de l'or avec le tungstène, le molybdène, le chrome, le titane, l'urane et le manganèse.

31. La combinaison de l'or et du cobalt n'est pas sensiblement différente de ce dernier métal pur, suivant les chimistes qui en ont parlé. Vallerius dit que cet alliage, réduit en poudre fine et chauffé avec le contact de l'air, donne, après son oxidation et par la chaleur forte, un verre bleu foncé aurifère.

Cronstedt, en parlant de l'union du nickel avec l'or, ne dit autre chose, sinon qu'elle donne une masse blanche et fragile.

32. Le bismuth, fondu avec l'or, fournit aussi un alliage

cassant, dont la fragilité est relative à la proportion de bismuth employée. On ajoute que la pesanteur spécifique de cet alliage est plus grande que la moyenne qui semblerait devoir résulter de la pesanteur des deux métaux combinés.

33. L'antimoine uni à l'or le rend aussi aigre et cassant. Cet alliage, fait à parties égales, ne s'éloigne pas beaucoup de l'or par sa forme, suivant quelques auteurs. Les alchimistes ont souvent employé cette combinaison dans leurs recherches. Ils nomment l'antimoine ridiculement le *bain du roi*, le *bain royal*. Ils prétendaient que la quantité de l'or augmentait quand on le séparait de l'alliage, après l'avoir fait fondre avec ce métal; mais des expériences exactes ont prouvé que cette assertion était fausse, et que c'était pour ne l'avoir pas entièrement purifié, qu'ils y avaient laissé une surcharge d'antimoine. On a aussi beaucoup employé autrefois le sulfure d'antimoine pour affiner l'or, pour en séparer, à l'aide du soufre, les métaux qui lui étaient unis. C'était parce que le sulfure d'antimoine agissait ainsi sur toutes les substances métalliques, et non sur l'or, que, dans le langage figuré des alchimistes, on nommait ce minéral le *loup des métaux*. Quand on a séparé de l'or les métaux qui l'altéraient par le moyen du sulfure d'antimoine, on obtient de l'or allié d'antimoine, et on le purifie ou on le raffine en le tenant plus ou moins long-temps en fusion et en aidant à la fin l'oxidation de l'antimoine par le nitre. C'est souvent pour séparer de l'or l'étain ou le fer qu'on ne lui enlève que très-difficilement par la coupellation avec le plomb ou le bismuth, qu'on emploie le sulfure d'antimoine; mais il y a plusieurs autres moyens d'opérer cette séparation, comme je le ferai voir.

34. L'or s'unit très-facilement au mercure. Le citoyen Guyton a trouvé que c'était de tous les métaux celui qui, appliqué en plaque sur le mercure coulant, exigeait le plus grand effort pour en être séparé; il représente cet effort par le nombre quatre cent quarante-six, tandis qu'il n'a eu besoin que d'un poids égal à

quatre cent vingt-neuf, pour enlever l'argent, comme je l'ai dit ailleurs. Dès que le mercure touche l'or, il s'aplatit, s'étend sur tous les points de sa surface, la pénètre, la recouvre exactement, et fait disparaître sa couleur. Tous ceux qui emploient le mercure dans leurs travaux connaissent bien cet effet, et évitent soigneusement tout contact entre les deux métaux. Une plaque, un lingot, un vase, un ustensile quelconque d'or qu'on plonge quelques momens dans le mercure, s'en pénétrent au point qu'ils deviennent promptement fragiles: s'ils y séjournent long-temps, ils s'y amollissent et s'y fondent tout-à-fait. Aussi a-t-on compté le mercure parmi les dissolvans des métaux. Quand on broie ou qu'on triture des feuilles d'or avec du mercure, ces feuilles se rapprochent très-promptement et se resserrent tout-à-coup dans le mercure qui les absorbe; on peut charger ainsi à froid le mercure de toute la quantité d'or à laquelle il est susceptible de s'unir. Vallerius a remarqué qu'une partie d'or avait la propriété d'épaissir dix parties de mercure. Quand on augmente la proportion de l'or, l'amalgame prend de la solidité. En faisant l'opération en grand, comme elle se prépare dans les ateliers des doreurs, on favorise la combinaison du mercure et de l'or par l'action d'un feu doux. Cette amalgame saturée d'or est d'un jaune plus ou moins intense; elle est fusible à une chaleur légère, se cristallise en feuillets ou en prismes quadrangulaires, ou en dendrites composées de petits octaèdres par le refroidissement: une grande chaleur la décompose et en dégage le mercure, mais on n'en extrait les dernières portions qu'avec difficulté. Aucun métal ne sépare l'or du mercure, et il paraît que l'or peut au contraire enlever le mercure aux autres métaux.

Quoique l'or soit, comme je l'ai fait voir, très-difficile à oxider par l'air aidé de l'action du feu, les alchimistes avaient annoncé depuis long-temps qu'on pouvait le *calciner* par le moyen du mercure. Le citoyen Baumé dit avoir réussi dans cette expérience. Elle consiste à mettre du mercure tenant un

quarante-huitième de son poids d'or dans un matras à fond plat, dont le col soit tiré à la lampe, et cassé dans son extrémité capillaire ; à placer ce vase sur un bain de sable, et à le chauffer comme on fait le mercure seul quand on veut le changer en oxide rouge, qu'on nommait autrefois *précipité per se*, c'est-à-dire, à le tenir légèrement et continuellement bouillant pendant plusieurs jours de suite : on obtient, d'après le chimiste cité, les deux oxides de mercure et d'or à la fois, dans un espace de temps même plus court que celui qui est nécessaire à l'oxidation du mercure seul. Ce phénomène, s'il est confirmé par de nouvelles recherches, prouvera que la division de l'or opérée par le mercure favorise singulièrement sa combinaison avec l'oxigène, et que même, unis ensemble, ces deux métaux accélèrent réciproquement leur propre oxidation.

L'amalgame d'or est spécialement employée pour la dorure en or moulu sur l'argent, le cuivre, et même le fer.

35. L'or s'allie aisément au zinc par la fusion : il résulte de cette union un alliage plus pâle que l'or, peu malléable, souvent même entièrement cassant, si la proportion du zinc est un peu considérable. Cet alliage, fait à parties égales des deux métaux, d'une pesanteur spécifique au-dessus de la moyenne, donne un métal très-aigre, d'un grain fin et serré, très-dur, susceptible d'un beau poli, peu altérable par l'air, et qui, à raison de ces propriétés, a été recommandé par Hellot pour la fabrication des miroirs de télescope. Si on unit une partie d'or à dix parties de zinc, et qu'on fasse enflammer cet alliage fondu dans un creuset, le zinc sublimé dans l'air entraîne avec lui l'or, suivant la remarque des anciens chimistes ; remarque qu'ils ont également appliquée à l'antimoine : voilà pourquoi ils ont conseillé de ne pas chauffer trop violemment l'antimoine aurifère, pour n'en pas perdre sensiblement. L'or allié de zinc est facilement séparé par tous les acides qui dissolvent avec effervescence le dernier de ces

métaux sans toucher au premier. Cependant les dernières portions de zinc sont défendues de l'action des acides par l'or: voilà pourquoi il faut joindre l'action du nitre à celle des acides. On a observé que le zinc ne passe pas facilement à la coupelle, et s'élève plutôt au-dessus de l'or en champignon oxidé, quand on veut l'entraîner par le plomb. C'est dans ce cas qu'on a conseillé le bismuth; mais il ne réussit pas non plus complétement.

36. L'or se combine très-facilement et très-promptement par la fusion avec l'étain. Cet alliage est redouté de tous les ouvriers qui travaillent l'or, parce qu'il lui ôte toute sa ductilité: on craint même pour l'or la simple vapeur de l'étain fondu, qu'on assure être également capable de rendre l'or très-cassant. Cet alliage est en effet si fragile qu'on peut le réduire en poudre dans un mortier. Suivant Vallerius, cette poudre, chauffée avec le contact de l'air, noircit et blanchit ensuite; elle ne devient ni jaune, ni rouge; on n'y aperçoit point de molécules d'or avec les plus fortes loupes; même après avoir poussé l'oxidation fort loin, le mercure ne peut pas non plus en séparer l'or. Quand on vitrifie cet oxide mixte, on a un verre jaune; il en sépare en même temps une portion de métal composé d'étain et d'or, indiqué par Brandt. Le même alliage est moins dense que les deux métaux ne l'indiquent au calcul, selon les essais de Kraft.

Quelque soin qu'on apporte à éviter d'allier l'or avec l'étain, cet alliage se rencontre souvent chez les orfèvres, en raison des bijous soudés à l'étain, qui, quoique grattés avant de les mettre en fonte, en retiennent toujours assez pour ôter la ductilité à des masses même considérables d'or. Cet or, altéré par l'étain, est très-difficile à purifier et à rendre bien ductile. L'étain ne passe point à la coupellation avec le plomb, ni même avec le bismuth; le nitre, le borax, et même le muriate suroxigéné de mercure qu'on emploie si souvent dans cette intention, ne réussissent pas toujours à l'affiner. S'il

s'adoucit par ces divers moyens, il conserve encore souvent le défaut de se défendre et de se gercer sous le marteau. Il n'y a pas de meilleur procédé pour réussir à cet affinage que le traitement par le sulfure d'antimoine. On peut aussi se servir de l'action de l'acide muriatique, qui dissout l'étain quand il est dans une proportion un peu forte.

37. Le plomb qui s'unit facilement à l'or par la fusion, ne lui ôte pas autant de sa ductilité que l'étain, quoiqu'il lui en fasse perdre sensiblement; sa couleur est fort altérée et devient terne. Juncker assure qu'en fondant du plomb dans un vase à ouverture étroite, sur laquelle on place de l'or exposé à la vapeur du premier métal pendant une heure, la pièce d'or est devenue friable. L'alliage de l'or avec le plomb est un de ceux qu'on purifie et qu'on décompose avec le plus de facilité, à cause de l'oxidabilité et de la vitrification si faciles du plomb. Il suffit de le tenir long-temps en fusion et rouge avec le contact de l'air, sur-tout dans un vase poreux et capable d'absorber l'oxide de plomb vitrifié, pour priver entièrement l'or du mélange de ce métal. C'est aussi ce qu'on fait lorsqu'on coupelle de l'or: cette coupellation, qui ressemble beaucoup à celle de l'argent, ne présente qu'une différence, c'est qu'elle peut, qu'elle doit même être faite à un feu plus fort, parce que le plomb abandonne plus lentement l'or qui en retient fortement les dernières portions, et parce que l'or, qui résiste beaucoup plus au feu, est moins sujet à éprouver du déchet que l'argent.

38. Le fer s'allie aisément à l'or et forme avec lui une masse dure et fragile. Lewis a trouvé quelques-uns de ces alliages si durs qu'il a dit qu'on pouvait en faire des rasoirs. Parties égales de fer et d'or donnent une masse grise; quatre parties de fer et une d'or forment un alliage qui a presque la couleur de l'argent. Gellert a observé que cet alliage a une pesanteur spécifique moins grande que la somme des densités respectives des deux métaux ne l'indiquait. L'or fondu adhère très-aisément au fer: aussi a-t-on proposé de souder les petites

pièces d'acier avec de l'or, et a-t-on remarqué que cette soudure était très-préférable à celle du cuivre. L'or altéré par le fer est très-difficile à purifier ; il n'y a que le bismuth qui puisse l'entraîner par la coupellation : le plomb ne peut pas servir à emporter le fer. Le sulfure d'antimoine est sur-tout bien approprié à cette séparation, à cause de la grande attraction du fer pour le soufre.

39. Le cuivre se combine intimement et facilement avec l'or par la fusion. Cet alliage est un des plus usités, parce que c'est celui de tous qui donne le plus de fermeté ou de dureté à l'or, trop mou par lui-même pour être employé seul et pur aux diverses fabrications auxquelles on le destine, et encore parce qu'au lieu d'affaiblir ou de voiler la couleur de l'or, il l'augmente et la rehausse très-sensiblement. Muschenbroëck a fait une suite de recherches intéressantes sur les alliages de l'or et du cuivre. Suivant lui, la proportion qui donne à l'or la plus grande fermeté sans diminuer sensiblement sa ductilité, c'est celle d'une partie de cuivre sur sept d'or. Cet alliage est plus fusible que l'or ; aussi sert-il spécialement à souder les pièces de ce dernier métal les unes avec les autres. Quand on veut purifier l'or et le séparer entièrement du cuivre qu'il contient, on le traite par la coupellation avec le plomb ; ce dernier métal, en s'oxidant et se vitrifiant, entraîne facilement le cuivre, qui s'oxide en même temps et se combine avec le verre de plomb, qui le fait passer dans les pores de la coupelle. On se sert aussi quelquefois du nitre, qu'on jette sur le métal allié en fusion ; mais ce procédé n'extrait que très-difficilement tout le cuivre qui se trouve uni à l'or. Le citoyen Brisson a trouvé qu'il y avait pénétration réciproque dans l'alliage d'or et de cuivre, et que la pesanteur spécifique de ce mélange était plus grande que la somme des pesanteurs spécifiques des deux métaux séparés. Ainsi l'or, à ce titre à Paris, c'est-à-dire contenant une partie de cuivre sur onze parties d'or, donne pour pesanteur spécifique 17.486 ;

tandis que s'il n'y avait point de pénétration entre ces deux métaux, elle devrait être seulement de 17.153, à peu près : ce qui fait une augmentation de densité d'environ $\frac{1}{31}$.

40. L'argent s'allie bien à l'or. Homberg a remarqué que quand on fond parties égales de ces deux métaux dans un creuset, ils se séparent facilement, quoique l'or qui gagne le fond retienne cependant environ un septieme de son poids d'argent. Justi a prétendu qu'on pouvait séparer ces deux métaux par la seule fusion long-temps continuée ; mais ce procédé ne mérite pas à beaucoup près l'éloge que son auteur lui a donné : l'or retient toujours de l'argent, et l'argent un peu d'or ; de sorte que l'on peut dire que ces deux métaux se séparent en deux alliages différens, l'inférieur qui est de l'or argentifère, et le supérieur qui est de l'argent aurifère. Quand on agite bien ces deux métaux fondus, il se forme un alliage homogène. J'ai déja remarqué d'ailleurs que l'argent affaiblissait beaucoup et couvrait même tout-à-fait la couleur du cuivre. Gellert a observé que l'alliage de l'or et de l'argent n'éprouvait qu'une légère augmentation de pesanteur spécifique. Muschenbroëck a trouvé qu'une partie d'argent donnait à deux parties d'or la plus grande consistance ou fermeté possible. Quant à la couleur, il est bien remarquable qu'un vingtième d'argent apporte un grand changement dans l'or, et le blanchit d'une manière très-frappante. Il faut encore observer que l'addition de l'argent donne de la roideur, de l'élasticité et de la dureté à l'or. On fait avec cet alliage de l'or jaune, des ors pâles et de l'or vert pour les bijoux. L'orfévrerie et les monnaies employaient autrefois ce même alliage beaucoup plus qu'aujourd'hui : il sert encore pour souder l'or et pour les plaques à émailler, et il se rencontre fréquemment dans l'argent et l'or du commerce qu'il faut affiner. Toutes les dorures et tout ce que, dans les ateliers, on appelle le doré, sont des alliages d'or et d'argent dont il est nécessaire de connaître exactement les proportions,

et essentiel de séparer les deux métaux. Après les avoir passés à la coupelle avec du plomb, on les traite par l'acide nitrique qui dissout l'argent sans toucher à l'or : cette opération est une des plus importantes de la docimasie, une de celles qui méritent le plus d'être bien connues ; elle est du plus grand intérêt pour tous les arts qui s'exercent sur l'or et sur l'argent.

41. Quoique dans la chimie on nomme en général *départ* tout procédé qui a pour but de séparer les métaux les uns des autres, on applique plus particulièrement cette dénomination aux alliages d'or et d'argent, parce que ces deux métaux, plus importans et plus précieux que tous les autres, exigent des soins, des attentions que ne demandent point ceux-ci. Il y a différens procédés pour départir une masse composée d'or et d'argent. On commence d'abord en général par essayer de reconnaître la nature et la proportion d'alliage, à l'aide d'un moyen simple, mais pour la réussite duquel il faut beaucoup d'exercice et d'habitude ; aussi dans les ateliers un homme est-il souvent chargé en particulier de ce travail. Il est fondé, comme le départ lui-même, sur la dissolubilité et l'oxidabilité de l'argent, et sur l'inaltérabilité de l'or. Il consiste à frotter l'alliage sur une pierre dure ou un jaspe qui en retient une empreinte, sur laquelle on met quelques gouttes d'eau-forte : si ce n'est que de l'argent, tout est emporté ; si ce n'est que de l'or, la trace reste toute entière : ce qui en reste, comparé à ce qui est enlevé, sert à déterminer le titre de l'or. On voit bien que ce même moyen sert également à l'or allié de cuivre ; il est même plus souvent employé pour ce dernier, bien plus fréquent que le premier dans l'orfévrerie. On s'accoutume à juger habilement de ce premier essai à la touche ou à la pierre de touche, en commençant par s'exercer avec des alliages connus de toutes les proportions possibles, qu'on nomme *touchaux*. La couleur même de la trace laissée sur la pierre par l'alliage annonce aux hommes exercés la nature, ou au moins donne le rapport très-approché

de cet alliage. Mais si ce premier essai suffit pour juger de très-petites pièces, s'il donne une première notion suffisante pour guider dans l'opération qui doit servir à départir la masse alliée, il ne satisfait pas, à beaucoup près, celui qui veut connaître exactement l'alliage d'or et d'argent.

42. Il y a plusieurs procédés pour faire le départ d'une masse alliée d'or et d'argent : on distingue spécialement le *départ sec*, le *départ de cémentation ou concentré*, le *départ inverse*, et le *départ à l'acide nitrique* ou l'*eau-forte*. Le premier se fait à l'aide du soufre ; le second par un mélange de sulfate de fer et de sel marin qu'on cémente avec des feuilles de l'alliage dans un creuset : c'est l'acide muriatique oxigéné qui agit ici sur l'argent. Le départ inverse se fait par l'acide nitro-muriatique qui dissout l'or, et réduit l'argent en muriate insoluble. Ces trois premières espèces de départs sont rarement usitées, parce qu'elles sont ou embarrassantes ou peu exactes : c'est le départ à l'acide nitrique qui est le plus employé, le plus simple et le plus sûr. Pour faire le départ ordinaire, celui qui fait suite de l'essai et qui doit donner une connaissance positive de la nature de l'alliage, il faut d'abord que la proportion de l'argent soit au moins double de celle de l'or. La plupart des essayeurs exigent même que l'argent fasse les trois quarts de l'alliage ; et voilà pourquoi on ajoute souvent de l'argent à la masse pour arriver à cette proportion : ce qu'on appelle *inquartation*. Quand cette addition est faite, quand l'alliage bien coupellé ne contient plus que de l'argent et de l'or, on aplatit le bouton, qu'on prend ordinairement de trois grammes, sur le tas d'acier ; on le passe au laminoir, en observant de le recuire pour l'empêcher de se fendiller, et pour que la lame qui en provient soit bien entière : on fait cette lame assez forte pour résister et conserver sa forme, quoiqu'assez mince pour être facilement ployée ; on la roule sur une plume ou sur un moule de fer arrondi fait exprès ; on en forme un cornet qu'on introduit dans un petit matras co-

nique : on verse dessus environ sept à huit fois son poids d'acide nitrique bien pur ou d'eau-forte précipitée à trente-deux degrés de l'aréometre, étendu de la moitié d'eau pure. On place le vaisseau sur un feu de cendre jusqu'à ce que l'effervescence et le dégagement du gaz nitreux soient bien établis ; on chauffe doucement tant qu'il y a des vapeurs rouges : quand elles sont passées, et quand l'effervescence cesse au moment où l'on retire le matras du feu, l'opération est terminée, l'argent est en grande partie dissous, l'or reste avec la forme de cornet, et une couleur pourpre foncée. Cependant pour être sûr d'emporter tout l'argent et de ne point laisser une surcharge de ce métal dans l'or, après avoir décanté doucement le premier acide de dessus le cornet, on y reverse encore quatre parties d'acide nitrique à trente degrés qu'on fait bouillir quelques instans : cette seconde opération, destinée à enlever tout l'argent à l'or, porte le nom de *reprise*. On décante encore l'acide avec précaution pour conserver le cornet d'or entier ; on lave avec de l'eau pure le cornet qui est devenu très-mince et criblé de beaucoup de trous; on le fait ensuite tomber avec l'eau, en retournant avec précaution le matras dans le fond d'un petit creuset pour favoriser le glissement et la chûte du cornet d'or le long des parois du matras sans risquer de le briser ; on vide l'eau, et on fait recuire ou légèrement rougir le métal, qui reprend son brillant et sa belle couleur ; on le pèse avec des balances très-justes, et on juge de la quantité de l'alliage et même du titre de l'or par le poids qu'il a perdu. Pour avoir une connaissance très-exacte de ce titre, on divise en décimales la quantité d'or que l'on a essayée, et on estime, à l'aide de très-petits poids, les plus légères pertes qu'il a faites. On supposait autrefois cette masse d'or à essayer divisée en vingt-quatre parties, qu'on nommait karats, et chaque partie en trente-deux autres qu'on appelait trente-deuxièmes de karat. Le karat, dans le poids effectif qu'on nommait *semelle*, était d'un grain,

poids de marc; de sorte que le trente-deuxième de karat était un trente-deuxième de grain. Quelquefois le karat ne représentait qu'un demi-grain dans le poids nommé *demi-semelle*, et alors le trente-deuxième de karat était un soixante-quatrième de grain effectif.

43. Quelques chimistes ont pensé que dans le départ de l'or allié à l'argent il y avait un peu d'or dissous, comme semble l'annoncer la couleur pourpre foncée du cornet qui reste; mais il a été reconnu que cette quantité était si petite, qu'elle ne pouvait pas intéresser ni inquiéter le commerce : je reviendrai d'ailleurs sur ce fait dans l'histoire du traitement de l'or par les acides. Plusieurs docimastiques habiles, et surtout Cramer, Schindler et Schlutter, ont pensé que le cornet d'or de départ retenait un peu d'argent qu'ils nommaient *surcharge* ou *interhalt*; Hellot, Macquer et Tillet assurent, au contraire, qu'il n'en contient pas une quantité sensible. Le citoyen Sage dit néanmoins que l'or de départ dissous dans l'acide nitro-muriatique précipite toujours en quelques heures un peu de muriate d'argent.

44. Dans le départ en grand on ne prend pas les mêmes précautions que pour le départ d'essai, parce que ce n'est pas la proportion exacte entre les deux métaux que l'on cherche, mais seulement l'or affiné, l'or pur que l'on veut obtenir. On se contente de couler en grenailles l'or allié d'argent, de le mettre dans des matras à fond plat, ou même dans des bouteilles de grès; de verser dessus deux ou trois fois son poids d'acide nitrique à 38 ou 30 degrés; de chauffer sur un feu doux; de décanter la liqueur quand les signes de la dissolution sont passés, c'est-à-dire le mouvement d'effervescence et le dégagement du gaz nitreux; de verser une nouvelle et petite quantité d'acide qu'on fait bouillir sur le résidu; de recommencer une troisième fois cette ébullition avec une troisième addition d'acide, pour être sûr d'enlever tout l'argent; de laver l'or à plusieurs reprises avec beaucoup d'eau; de fondre l'or, qui

reste au fond des vases sous la forme de poussière et de fragmens pourpres foncés, dans des creusets où l'on projette un peu de nitre : c'est ce qu'on nomme *or de départ.* C'est dans cette opération qui constitue l'affinage de l'or, que l'on prépare en même temps l'argent pur, connu aussi sous le nom d'*argent de départ.* Pour l'obtenir, on verse dans des terrines de grès l'acide nitrique provenant du départ et les eaux du lavage de l'or; on les étend de beaucoup d'eau; on y plonge une plaque de cuivre qu'on y laisse séjourner pendant quarante-huit ou soixante heures : alors on décante la liqueur bleue ou la dissolution de cuivre qui s'est formée; on lave avec beaucoup d'eau l'argent métallique déposé par le cuivre en petits grains cristallisés et brillans; on le fait recuire pour avoir ce qu'on nomme improprement *argent en chaux*, ou on le fond et on l'assemble à l'aide du nitre qui le purifie encore pour le couler en lingots. La liqueur bleue ou la dissolution nitrique qui résulte de cette précipitation du nitrate d'argent de départ est spécialement employée, en Angleterre, à la préparation des *cendres bleues*, par son mélange avec la chaux éteinte : on a même prétendu qu'elle réussissait mieux que la simple dissolution immédiate de cuivre, ce qu'on attribuait à un peu d'argent qui y restait; mais c'est une erreur détruite par les expériences de Pelletier.

G. *Action sur l'eau et les oxides.*

45. Il est bien reconnu qu'il n'y a aucune action entre l'or et l'eau; et l'attraction de ce métal avec l'oxigène est trop faible pour qu'il soit possible qu'il l'enlève à l'hidrogène. Il y a cependant un cas où il paraît que l'or s'unit à l'oxigène de l'eau, mais sans que son attraction pour ce principe soit la cause déterminante de sa décomposition ou de la séparation de l'oxigène et de l'hidrogène : c'est celui où ces deux corps se trouvent en même temps exposés à la commotion électrique.

On a cru pendant quelque temps, après les brillantes expériences du citoyen Van-Marum sur l'inflammation des métaux par cette commotion, que cette inflammation pouvait avoir lieu dans le vide ou dans d'autres gaz que l'air atmosphérique. On avait même fait de ce phénomène qui paraissait bien vérifié une objection spécieuse contre la doctrine française ou pneumatique, lorsqu'on découvrit bientôt que l'eau était décomposée par l'étincelle électrique, et séparée en ses deux élémens gazeux : dès-lors il n'y eut plus rien d'obscur dans les expériences où l'on croyait opérer l'inflammation et l'oxidation de l'argent, de l'or et de beaucoup d'autres métaux, dans le vide ou sans gaz oxigène. On sentit que l'eau en vapeur dissoute dans les gaz, et décomposée par l'électricité, fournissait à ces métaux l'oxigène dont ils avaient besoin pour brûler ; et loin de rester une objection contre la chimie pneumatique, ce phénomène bien apprécié devient une des preuves les plus fortes, une des bases les plus solides de cette doctrine, dont le sort est aujourd'hui fixé. Il est permis de croire que c'est par une même attraction prédisposante, et à l'aide de la décomposition préliminaire de l'eau, que les sulfures alcalins oxident et dissolvent si facilement l'or ; dissolution et oxidation qu'il avait été impossible de concevoir et d'expliquer jusqu'ici.

46. L'or n'a aucune action directe sur les oxides métalliques ; loin de pouvoir les changer et leur enlever l'oxigène qui leur est uni, c'est au contraire l'oxide d'or qui cède le sien à tous les autres métaux : aussi voit-on ceux-ci lui enlever promptement et plus ou moins complétement ce principe, et faire reparaître l'or sous sa forme brillante et métallique, comme cela a lieu dans ses dissolutions. Il n'est pas même nécessaire pour cela que la plupart de ces métaux, ceux spécialement qui sont très-avides d'oxigène et susceptibles d'en absorber beaucoup, soient eux-mêmes à l'état métallique ; il suffit souvent qu'ils n'en soient pas complétement saturés,

comme on le reconnaît dans le zinc, l'étain et le fer, pour qu'ils puissent lui enlever, soit tout, soit partie seulement de celui qui lui est uni. On aura bientôt plusieurs exemples de ces effets intéressans. Il est aussi des cas où l'oxide d'or, en partageant seulement une portion de son oxigène avec d'autres oxides métalliques, reste avec eux dans des combinaisons qu'il colore de diverses nuances : c'est ce que je ferai observer plus bas, dans la composition des émaux, des verres colorés et des couvercles de poteries fines.

II. *Action sur les acides.*

47. Il y a une grande différence entre l'or et l'argent dans la manière dont le premier résiste à la plupart des acides ; tandis que, comme on l'a vu dans l'article précédent, l'argent est facilement oxidé et dissous par plusieurs d'entre eux. L'acide sulfurique le plus concentré aidé de la chaleur la plus forte, l'acide sulfureux, l'acide muriatique, le phosphorique, le fluorique et aucun autre n'ont d'action sur l'or, quelque long-temps qu'on les laisse en contact avec lui et de quelque manière qu'on le traite : il n'y a que les acides nitrique, nitro-muriatique et muriatique oxigéné qui aient ou une légère ou une forte action sur ce métal.

48. C'est Brandt qui a trouvé, en quelque sorte par hasard et en voulant faire le départ de l'or et de l'argent par l'acide nitrique concentré, versé plusieurs fois de suite, distillé à siccité et bouilli sur l'or qui restait après l'argent, que le premier de ces métaux se dissolvait, et donnait une couleur fauve à l'acide au point qu'il y avait plus d'or que d'argent dissous dans la dernière portion d'acide ajouté, puisque la proportion du premier était à celle du second, comme 19 est à 12. Cette expérience fut répétée plusieurs fois devant l'académie de Suède, et eut constamment le succès que l'auteur avait annoncé. L'acide nitrique était très-pur ; l'or fut précipité à l'état mé-

tallique et spongieux par l'argent qu'il y plongea. Lewis, en citant ce résultat, l'attribue à l'extrême concentration de l'acide poussé à siccité : Scheffer et Bergman l'ont confirmé. Cependant il a été reconnu en France par les expériences même du citoyen Sage, qui avait conclu que dans le départ l'or était un peu attaqué, que cette dissolution était très-faible ; qu'en général l'or ne perdait que très-peu de son poids ; que quand il était en masse il n'était presque point entamé ; qu'en lame mince ou en poudre fine il l'était davantage ; qu'alors il prenait une couleur purpurine foncée ; que la grande dissolution annoncée par Brandt ne provenait que de la concentration de l'acide presqu'à siccité, et qu'il n'arrivait rien de semblable dans l'opération du départ. Le citoyen Déyeux a fait depuis une autre observation intéressante sur la dissolubilité de l'or dans l'acide nitrique : c'est que cet acide le dissout d'autant mieux qu'il contient plus de gaz ou plutôt une plus grande quantité d'oxide nitreux, et qu'il agit alors sur ce métal comme une espèce d'acide nitro-muriatique, son vrai dissolvant, ainsi que je le dirai tout-à-l'heure. Tillet, qui ne voulait pas croire à la dissolubilité de l'or dans l'acide du nitre, pensait que la perte de poids que ce métal éprouvait dans cet acide n'était que la suite d'un effet mécanique ; que l'or était, pour ainsi dire, rapé ou limé par l'action de l'acide, et qu'il n'était que suspendu au lieu d'être dissous : mais les faits qu'il apportait comme preuve de cette assertion montrent véritablement le contraire. La dissolution nitrique d'or, exposée à la lumière du soleil, se décompose en effet, et on voit bientôt briller de petites lames d'or que le contact de la lumière a désoxidées. Cette dissolution filtrée laisse sur le papier une trace violette qui indique l'oxidation de l'or ; les alcalis en précipitent un véritable oxide et une lame d'étain, ainsi qu'une lame d'argent et du mercure coulant, et y font déposer une poussière également pourpre. D'autres expériences sur cet objet m'ont fait voir que l'or en morceaux ou en lames épaisses, comme

en feuilles, est dissous par l'acide nitrique surchargé d'oxide nitreux ; que c'est à cet oxide nitreux qu'est due l'oxidation que l'or éprouve ; que c'est lui qui lui cède de l'oxigène comme plus décomposable que l'acide nitrique ; que c'est pour cela que l'acide perd sa couleur en agissant sur l'or ; que cette dissolution s'opère mieux à froid qu'à chaud, parce que la chaleur dégage le gaz nitreux ; qu'à mesure que l'or est oxidé et dissous dans l'acide, celui-ci, après avoir blanchi d'abord, reprend ensuite une couleur orangée ; qu'il forme alors un véritable nitrate d'or avec excès d'acide qu'on ne peut point obtenir cristallisé, et qui se décompose par la chaleur et la lumière ; que ce nitrate d'or en dissolution est décomposé par l'acide muriatique qui fait passer, au moment même où on l'ajoute, la couleur de cette dissolution de l'orangé au jaune pur : ainsi l'acide muriatique a plus d'attraction pour l'oxide d'or que n'en a l'acide nitrique.

49. L'acide muriatique n'a aucune action ni sur l'or ni sur son oxide pourpre ; mais l'acide muriatique oxigéné l'oxide très-vîte et le dissout. Dès qu'on plonge une lame ou des feuilles d'or dans du gaz acide muriatique oxigéné, l'or se ternit, ne passe point cependant à la couleur violette, mais arrive rapidement à l'état d'oxide fauve ou jaunâtre ; car ce n'est que dans ce second état d'oxidation que l'or est dissoluble dans les acides, et susceptible de faire avec eux des sels. Quand il est devenu ainsi jaunâtre par l'union de l'oxigène, l'acide muriatique, à l'aide de l'eau contenue dans le gaz acide muriatique oxigéné, se condense en gouttelettes jaunes qui coulent sur les parois du vase où l'on a fait l'expérience. Si l'on ajoute un peu d'eau, on a une dissolution complète. En jetant de l'or très-divisé et en feuilles dans de l'acide muriatique oxigéné liquide, ce métal, par la plus légère agitation, disparaît, se dissout sans mouvement et sans effervescence, colore la liqueur en beau jaune et la sature. S'il y a de l'argent dans l'or, la plus petite quantité de sa surcharge devient sensible dans cette

expérience, parce qu'il se forme un peu de muriate d'argent qui se dépose en petits flocons. J'ai constamment reconnu un peu d'argent et quelquefois même une proportion plus grande qu'on ne devrait s'y attendre, dans les feuilles d'or de livret qu'on achète chez les batteurs d'or. J'ai trouvé aussi que c'était un très-bon moyen de s'assurer si l'or de départ retenait de l'argent. Cette dissolution, découverte par Schéele, se fait sans dégagement de gaz, parce que l'or trouve l'oxigène presque isolé, et n'a pas besoin de le séparer d'un autre corps susceptible de prendre la forme gazeuse; elle est parfaitement semblable d'ailleurs à celle qui est faite avec l'acide nitro-muriatique ou à la manière ordinaire : comme celle-ci, elle est âcre et caustique, elle colore les matières organiques en pourpre; elle donne des cristaux, se précipite en pourpre par l'étain, et en or fulminant par l'ammoniaque.

5o. Toutes les fois que l'acide nitrique, qui ne dissout que difficilement et en très-petite quantité l'or, est mêlé à de l'acide muriatique qui ne le dissout jamais seul, l'acide mixte qui résulte de ce mélange attaque l'or avec une activité et une énergie qui ont dû beaucoup étonner et frapper les chimistes avant qu'on n'en connût la véritable cause. Aussi, à la suite du privilége de primauté et de supériorité qu'ils attribuaient à l'or et qui le leur faisait nommer *le roi des métaux*, ils en avaient accordé une autre à la liqueur susceptible de le dissoudre, et qu'ils croyaient exclusivement capable de produire cet effet. Ils la nommaient en conséquence *eau régale*, et de là les noms de dissolution *régaline*, de sel *régalin*, de *régalisation*, qu'on avait donnés aux produits de cette dissolution ou au phénomène longtemps inexpliqué par lequel elle avait lieu. On a déja vu que l'acide muriatique oxigéné avait la même action dissolvante sur l'or, et même que l'acide nitreux la partageait avec lui quoique dans un degré moins marqué. Pour bien faire concevoir l'action de l'acide nitro-muriatique, je commencerai par faire observer que l'acide muriatique, saturé de gaz nitreux qu'il absorbe

facilement, devient capable également de dissoudre l'or, quoique le gaz nitreux seul et l'acide muriatique seul ne puissent pas agir sur ce métal ; et comme au moment où cet acide muriatique nitreux attaque l'or, il perd la couleur orangée qu'il avait contractée par l'absorption du gaz nitreux, il est évident que cet oxide d'azote est décomposé, qu'il cède son oxigène à l'or, que son azote s'en sépare, et que cette décomposition qui oxide l'or n'a lieu que par l'attraction disposante que l'acide muriatique exerce sur cet oxide métallique. Ce fait, qui n'avait pas encore été observé par les chimistes, va me servir à expliquer l'action de l'acide nitro-muriatique sur ce métal. Quand on mêle l'acide nitrique et l'acide muriatique, ce dernier enlève dè l'oxigène au premier, s'échappe en partie en acide muriatique oxigéné, reconnaissable à sa couleur jaune et à son odeur ; il n'opère cette décomposition que jusqu'à ce que l'acide nitrique soit saturé de gaz nitreux : là s'arrête son action sur lui ; en sorte que l'acide mixte qui en résulte n'est qu'un mélange d'acide muriatique et d'acide nitreux saturé de son oxide, retenant souvent un peu d'acide muriatique oxigéné et d'une couleur rouge exaltée en raison de l'oxide nitreux qu'il recèle. On fait ordinairement cet acide mixte en mêlant deux parties d'acide nitrique et une partie d'acide muriatique ; j'ai reconnu qu'il suffisait de prendre parties égales de ces deux acides. On sait bien qu'on obtient une liqueur analogue en dissolvant du muriate de soude ou d'ammoniaque avec de l'acide nitrique ou du nitrate de potasse dans l'acide muriatique, ou en distillant celui-ci dans l'acide du sel marin, et que de quelque manière qu'on unisse ces deux acides l'un avec l'autre, il y a toujours un acide mixte capable de dissoudre l'or. Cependant, il y a deux améliorations à faire dans le procédé de dissoudre l'or par l'acide nitro-muriatique : l'une, c'est de n'employer qu'une partie d'acide nitrique au lieu de deux sur une partie du muriatique ; l'autre, c'est de ne point faire le mélange avant de dissoudre l'or : car dans ce mélange fait d'avance, la portion

d'acide muriatique oxigéné qui se forme se dissipe, et c'est autant de perdu pour la dissolution de l'or. Je préfère donc de jeter sur l'or de l'acide nitrique, et d'ajouter ensuite partie égale d'acide muriatique : alors ce dernier acide, à mesure qu'il enlève de l'oxigène à l'acide nitrique, le rend sur-le-champ à l'or au lieu de se dissiper en gaz. Quand on met de l'or dans de l'acide nitro-muriatique fait auparavant et dont l'action réciproque des acides est épuisée, l'acide muriatique, en vertu de la forte attraction qu'il a pour l'oxide d'or, fait décomposer l'oxide nitreux qui colore la liqueur ainsi que l'acide lui-même par ce métal, et dissout l'oxide à mesure qu'il se forme ; aussi la liqueur perd-elle sa couleur orangée ou rouge ; elle s'échauffe parce qu'il y a une condensation, un rapprochement de molécules pendant la dissolution ; elle dégage du gaz nitreux, parce que l'or ne peut être oxidé qu'aux dépens de l'oxigène de l'acide du nitre.

51. Cette dissolution nitro-muriatique d'or saturée est d'une belle couleur jaune pure assez foncée et riche qu'on compare à celle de l'or sans brillant ; elle est très-caustique et fort astringente ; elle tache l'épiderme en le cautérisant ou le détruisant en une couleur d'un pourpre violet qui brunit de plus en plus par le contact de l'air et de la lumière, et qui ne s'en va que par la destruction et la chûte totale de cette membrane ; elle produit la même coloration sur toutes les matières végétales et animales, sur le marbre et même sur les pierres silicées, quand, après l'avoir introduite dans les sillons qu'on y trace à l'aide d'un instrument d'acier, on les expose aux rayons du soleil. En évaporant cette liqueur, il s'en dégage de l'acide nitrique, et l'on obtient des cristaux aiguillés d'un jaune semblable à la couleur des topazes, en octaèdres tronqués ou en prismes quadrangulaires. Mais il est bien reconnu que la dissolution faite avec les deux acides purs et sans bases les fournit aussi. On les obtient plus facilement lorsqu'après avoir évaporé la dissolution plus qu'à sa moitié, on y ajoute un peu d'alcool rectifié :

ces cristaux se colorent en rouge par le contact d'une vive lumière ; ils attirent l'humidité de l'air et se fondent spontanément. Le produit de cette déliquescence est la dissolution la plus concentrée. En chauffant par degrés dans une cornue la dissolution nitro-muriatique d'or, il passe après l'acide nitrique, de l'acide muriatique qui entraîne de l'or, et même des cristaux jaunes rougeâtres de muriate d'or ; la liqueur muriatique nitreuse très-colorée qui s'élève en même temps était nommée *lion rouge* par les alchimistes. Si on évapore la dissolution à siccité, on obtient un muriate d'or sec qu'on peut réduire à un grand feu, et qui laisse de l'or ductile, après avoir donné du gaz oxigène. Il est bien reconnu par Bergman et par plusieurs autres chimistes modernes, que le sel qu'on extrait de cette liqueur n'est que du muriate d'or et non du nitro-muriate, comme on l'avait cru. J'ai déja fait remarquer que l'acide muriatique décomposait le nitrate d'or : il est facile de concevoir qu'on doit former également un muriate d'or en chauffant ce métal avec un mélange d'alun, et sur-tout de sulfate de fer, de nitre et de sel marin : aussi emploie-t-on souvent ce mélange, ou d'autres analogues, pour enlever l'or de dessus les vieux cuivres dorés.

52. Le muriate d'or, si reconnaissable à sa forme, sa couleur, au pourpre dont il teint les matières organiques, est très-dissoluble dans l'eau. Le phosphore le décompose par la voie humide, et en sépare l'or réduit. Le gaz hidrogène en sépare également l'or. Si on plonge dans sa dissolution saturée un bâton de phosphore, il se recouvre d'un cylindre d'or ductile qu'on peut en séparer en fondant le phosphore qu'il enveloppe dans l'eau chaude. Le soufre qui brûle, et l'acide sulfureux le décomposent très-rapidement. Si l'on verse doucement du muriate d'or liquide dans de l'acide sulfureux, il se forme une belle pellicule d'or à la surface, et il se précipite sur-le-champ de l'or en petits grains cristallins. Madame Fulham, anglaise, a employé ces précipitations de l'or par le phosphore, le gaz hidro-

gène et le soufre brûlant pour dorer des étoffes imprégnées de dissolution nitro-muriatique de ce métal; elle l'a également appliquée à quelques tracés dorés sur des cartes géographiques; elle en fait une espèce de dorure qui peut avoir son utilité dans beaucoup de cas. Elle a remarqué que cette précipitation n'a lieu dans la dissolution d'or, ainsi que dans celles de l'argent et du plomb, que quand elles sont à l'état liquide; qu'elle ne s'opère pas également avec les sels métalliques solides. Madame Fulham n'a pas été si heureuse dans l'explication de ce fait, quand elle a voulu l'employer pour élever une théorie réellement inutile et superflue d'après la nécessité de la présence de l'eau relativement à une prétendue décomposition de ce liquide. Cette théorie n'était pas nécessaire, puisque l'on concevait très-bien l'influence de cette condition de la liquidité des sels métalliques pour les diviser en leur faisant présenter plus de surface, et en servant à fixer les gaz réducteurs entre leurs propres molécules. Les gaz hidrogènes phosphoré et sulfuré produisent le même effet sur la dissolution de muriate d'or. Les sulfures et les hidrosulfures alcalins la précipitent en un oxide d'or sulfuré facile à décomposer par le feu, à cause du peu d'adhérence du soufre et de l'oxigène à l'or.

53. Toutes les matières terreuses et alcalines ont la propriété de décomposer le muriate d'or et d'en précipiter un oxide d'or jaune, qui est l'extrême de l'oxidation de ce métal, puisqu'il contient à peu près 0.10 d'oxigène. On observe cependant que les alcalis fixes ne la précipitent que lentement et difficilement; que si on en met une plus grande quantité qu'il n'en faut, le précipité se redissout et donne à la liqueur une couleur rougeâtre. Cette dissolution de l'oxide d'or par les alcalis fixes est la raison qui rend la précipitation lente et difficile : il se forme des sels triples qui n'ont point encore été examinés. L'oxide d'or ainsi précipité devient pourpre par son exposition à la lumière; il donne du gaz oxigène et se réduit en or très-pur par l'action du calorique. Les acides sulfurique, nitrique,

muriatique, sulfureux, phosphorique et fluorique le dissolvent ou s'y unissent facilement, tandis qu'ils n'agissent point sur l'oxide pourpre : ce qui prouve que l'oxidation de l'or en poudre jaune lui donne bien plus d'oxigène que celle en poudre violette ou pourpre, et que le premier oxide est seul dissoluble dans les acides, tandis que l'oxide pourpre ne peut pas s'y combiner.

54. La plus remarquable précipitation du muriate d'or est celle qui a lieu par l'ammoniaque; elle donne naissance à ce singulier composé qu'on a nommé *or fulminant*, et qui a été trouvé long-temps avant l'oxide d'argent ammoniacal, mais dont la véritable nature et la cause de la propriété fulminante étaient restées ignorées jusqu'au moment où le citoyen Berthollet a fait connaître ce dernier composé analogue, qui n'en diffère que par une beaucoup plus grande énergie. Il n'y a pas de produit chimique qui ait été autant examiné par les chimistes que celui-ci. On peut prendre une idée satisfaisante des recherches nombreuses faites sur ce composé par les différens chimistes, en lisant le traité de l'or consigné dans le premier volume des Institutions chimiques de Wasserberg, publiées à Vienne en 1778. On y trouvera un exposé très-bien fait, très-complet et très-long des expériences connues jusqu'à l'époque où ce savant chimiste a écrit. La longueur même de cet article prouve cependant que la connaissance de l'or fulminant n'était pas encore complète, tandis que l'état avancé de la science par la doctrine pneumatique, en exigeant beaucoup moins de détails, présentera cependant un ensemble bien plus satisfaisant, et des idées beaucoup plus exactes sur ce composé. Quelques lignes remplaceront ici plusieurs pages du Traité de Wasserberg, et feront disparaître les lacunes nombreuses que laisse cette partie de son ouvrage, si intéressant et si utile cependant pour ceux qui veulent approfondir tous les traits et toutes les époques de l'histoire de la chimie. Cette précision, qui m'est permise ici, et qui offrira cependant des faits plus nombreux que ceux que Wasserberg a laborieuse-

ment accumulés dans son long article, est une preuve bien forte de l'avantage de la doctrine pneumatique et de la hauteur où la science a été portée par les travaux des Français.

55. Pour préparer l'or fulminant ou l'oxide d'or ammoniacal, on étend une dissolution nitro-muriatique d'or de trois ou quatre fois son poids d'eau distillée; on y verse de l'ammoniaque caustique peu à peu et jusqu'à ce qu'il ne se fasse plus de précipité, en ayant soin de ne point en ajouter plus qu'il n'en faut, car l'excédant dissout facilement l'oxide suspendu dans la liqueur. On le lave avec soin et on le fait sécher sur des papiers à l'air; puis on le renferme dans des vaisseaux bouchés de linge ou recouverts de simple papier. Ce précipité est d'un jaune roux; il pèse environ un quart de plus que l'or qui était dissous. Quelques auteurs prétendent qu'il augmente en poids du tiers de l'or. Cette augmentation de poids ne dépend pas seulement des corps salins qui l'accompagnent dans sa précipitation, mais encore de l'oxigène qui est uni à l'or. On obtient également ce précipité fulminant en décomposant une dissolution de l'or faite par l'acide mixte composé d'acide nitrique et de muriate d'ammoniaque par un alcali fixe, parce que celui-ci commence par séparer l'ammoniaque qui se porte sur le muriate d'or. En un mot, toutes les fois qu'il y a de l'ammoniaque dans la dissolution, ou de quelque manière qu'elle y soit portée, on a le corps inflammable et détonant, lorsqu'on décompose la dissolution par une matière alcaline telle qu'elle soit. Ce dernier fait général résulte des expériences de Bergman, consignées dans sa Dissertation de *calce auri fulminante*. Basile Valentin, qui a décrit le premier cette singulière préparation, avait déja remarqué qu'elle détonait également par la chaleur, par le frottement et par la percussion. Dans tous les cas, le bruit produit est beaucoup plus fort que celui de la poudre à canon et de la poudre fulminante. Lewis comparait le son de l'or fulminant à la vibration d'une corde courte et bien tendue, et celui de la poudre à canon au son rendu par une corde longue et plus lâche.

56. Plusieurs exemples fâcheux, recueillis dans les Mémoires académiques et dans les ouvrages périodiques, prouvent que l'or fulminant détone par la simple pression ou par le frottement. L'accident terrible arrivé chez le citoyen Baumé par un gros d'or fulminant qui a détoné pour avoir été frotté dans quelques-unes de ses molécules entre le bouchon de cristal et le goulot du flacon qui le contenait, et dont une partie seulement, qui a brûlé, a brisé avec une violente détonation le vase de verre dont les fragmens ont crevé les deux yeux du malheureux qui avait eu l'imprudence d'exciter lui-même le frottement, prouve cette assertion d'une manière irréfragable. On s'en convainc encore en frappant avec un marteau un peu de cette poudre placée sur un tas d'acier : on apperçoit une petite flamme au moment où la détonation se fait entendre, et l'on trouve l'or réduit sur l'acier. En observant avec soin l'or fulminant exposé au feu en très-petite quantité sur une lame de fer ou d'argent, on voit qu'il prend une couleur brune : aussitôt on apperçoit une lumière au moment où l'or fulmine, et il reste sur la lame une trace d'or très-pur et mat. En faisant détoner un peu de ce produit dans une grande cloche de verre sur les parois de laquelle on l'a appliqué, et en approchant de ce point un charbon allumé, on trouve après la fulmination la cloche couverte de petites étoiles d'or. Les lames métalliques qu'on place dessus au moment de sa détonation se creusent ou se percent dans l'endroit qu'il frappe ; elles sont aussi lancées à de grandes distances, et il est facile de prouver par là que l'or fulminant frappe l'air en tout sens. L'étincelle électrique foudroyante produit aussi la détonation de l'or fulminant.

57. Bergman a vérifié qu'en exposant l'or fulminant à une chaleur très-douce, non seulement il ne fulmine pas, mais on lui ôte ainsi sa propriété fulminante : il se change alors en une poussière brune noirâtre. On produit le même effet par une longue exposition à la chaleur de l'eau bouillante,

ou plutôt on diminue seulement ainsi sa propriété fulminante; car jamais on ne la lui ôte entièrement par là. Hellot a vu qu'en plaçant l'or fulminant entre deux cartes, et en le chauffant, il ne donnait qu'un bruit léger et laissait un oxide violet sur les cartes. Quand on jette par petites parcelles l'or fulminant sur des charbons allumés, il pétille seulement et décrépite sans fulminer. Le contact de l'air favorise manifestement sa fulmination; et quand on oppose dans un vaisseau assez fort et bien fermé une résistance insurmontable au dégagement de gaz qui accompagne cette fulmination, celle-ci n'a pas lieu. C'est ainsi que Birch a fait voir devant la société royale de Londres que l'or fulminant enfermé dans un globe de fer, et chauffé fortement, ne fulminait pas. Bergman a vérifié ce fait et observé que l'or chauffé dans une sphère de cuivre épaisse, fermée par un pas de vis, se réduisait sans fulminer. Il ajoute que douze grains d'or fulminant ainsi traités ont donné un gaz qui s'échappait avec sifflement, mais sans détoner. Le citoyen Berthollet, en chauffant doucement le précipité d'or fulminant dans des tubes de cuivre, dont l'extrémité plongeait sous des cloches pleines de mercure, a obtenu du gaz ammoniac, et l'or était réduit en oxide violet. Ainsi il est prouvé qu'une chaleur douce capable de volatiliser l'ammoniaque, ou qu'une résistance forte susceptible de s'opposer, même pendant l'action d'une forte chaleur, à la dilatation subite des gaz qui se dégagent de l'or fulminant, s'opposent également à sa fulmination : dans le premier cas, il y a de l'ammoniaque dégagée, et il reste de l'or en oxide; dans le second, l'or est réduit quoiqu'il n'y ait point de détonation.

58. Avant les expériences exactes de Bergman, et sur-tout avant celles du citoyen Berthollet, on ignorait encore la véritable cause de la fulmination de l'or fulminant; elle a été apperçue par le premier, et mise ensuite hors de doute par le second de ces chimistes. En faisant détoner à l'aide d'une

forte chaleur quelques grains d'or fulminant dans des tubes de cuivre, dont l'extrémité plongeait sous des cloches pleines de mercure, le citoyen Berthollet a obtenu du gaz azote, quelques gouttes d'eau et de l'or bien réduit. L'or fulminant, composé d'oxide d'or et d'ammoniaque, éprouve alors une double décomposition dans les deux composés binaires qui le forment ; l'ammoniaque porte son hidrogène sur l'oxigène de l'oxide d'or, et c'est à la dilatation violente autant que subite, ainsi qu'à la rapide condensation de ces deux corps au moment où ils s'unissent pour former de l'eau, que sont dus la flamme et le bruit qui se produisent pendant cette décomposition. Alors l'autre principe de l'ammoniaque, l'azote, devenu libre, se dégage en fluide élastique et contribue ainsi à la percussion de l'air et à la fulmination ; tandis que l'or privé de son oxigène reparaît sous sa forme et avec son brillant métalliques. L'or fulminant est donc, comme l'argent fulminant, un oxide ammoniacal. Les différences qui existent entre ces deux produits tiennent certainement aux proportions et à l'état plus ou moins condensé de l'oxide et de l'ammoniaque qu'ils contiennent ; il ne reste plus à trouver pour les connaître parfaitement que ces seules différences de proportion qui rendent le premier beaucoup plus fulminant que le second.

59. Cette théorie simple de la nature et des propriétés de l'oxide d'or ammoniacal fulminant, explique facilement les divers moyens qui ont été employés pour détruire sa propriété fulminante. Une chaleur très-douce produit cet effet en volatilisant l'ammoniaque, et en réduisant le composé au simple état d'oxide. Une très-forte résistance au développement de ses principes dans l'état gazeux s'oppose à sa détonation. La décoction longue dans l'eau n'est pas propre à cela, malgré l'assertion de quelques chimistes d'après les expériences positives de Bergman, qui a fait bouillir deux fois de suite, et pendant une heure chaque fois, de l'or ful-

minant avec six cents parties d'eau : sa propriété fulminante, loin d'avoir diminué, n'a fait qu'augmenter par cette opération : ce qui prouve que ce composé, loin d'être dissoluble dans l'eau, n'a fait que céder à ce liquide les corps étrangers et salins qui lui sont mêlés, et qui nuisent plus ou moins à sa propriété fulminante. Au contraire, tout corps sec interposé entre les molécules de l'or fulminant l'empêche de détoner, ou diminue sa fulmination en écartant ses molécules. Il n'est pas vrai de dire, comme l'ont avancé beaucoup de chimistes, que les acides aient généralement la propriété de détruire la propriété détonante ; car Bergman a reconnu que malgré la digestion dans ces corps, l'or fulminant conservait son caractère, et sur-tout que dissous entièrement dans l'acide muriatique, et précipité par la potasse, il la recouvrait comme auparavant. Cependant on parvient à le dépouiller de cette propriété lorsqu'après avoir fait digérer plusieurs fois de suite des acides sur l'or fulminant, on le lave à chaque fois avec beaucoup d'eau. Plusieurs acides même le réduisent par ce moyen en oxide pourpre ou en or métallique. Les alcalis mélangés avec lui par une légère et douce trituration modèrent singulièrement sa détonation : si on les fait digérer avec de l'eau sur l'or fulminant ils la lui enlèvent entièrement ; mais l'action de la chaleur lente contribue beaucoup à cet effet : au reste, il faut toujours faire tous ces essais avec prudence, et essayer ensuite le produit sur de très-petites quantités. Le soufre, les huiles elles-mêmes ont la puissance d'ôter aussi à l'or fulminant sa propriété fulminante, et il est facile de voir que cela tient à ce que, comme dans les premières expériences citées, ces substances en séparent l'ammoniaque et en réduisent l'oxide ; aussi l'or reprend-il alors sa forme métallique.

60. Le muriate d'or ou la dissolution d'or que j'ai prouvé n'être en effet que cette espèce de sel, est décomposé par la plupart des substances métalliques qui ont plus d'attraction

pour l'oxigène que n'en a l'or. Le bismuth, le zinc, le fer, le plomb, le cuivre, l'argent, le mercure même ont spécialement cette propriété, et on s'en sert quelquefois avec avantage pour couvrir quelques-uns de ces métaux d'une couche d'or; il en est cependant, tels que le plomb et l'argent, qui ne le séparent que sous la forme d'oxide pourpre: c'est en raison du premier de ces phénomènes de la réduction et de la précipitation de l'or réduit par les métaux, que l'on dore les roues de cuivre qui sont employées dans l'horlogerie. Mais aucune de ces précipitations n'est aussi singulière et n'a plus attiré l'attention des chimistes que celle qui est opérée par l'étain. On va trouver encore ici une preuve de l'avantage de la doctrine pneumatique, qui a pu seule détruire toutes les difficultés, soit pratiques, soit théoriques, dont était hérissée cette opération chimique: d'ailleurs dans l'explication qui y est relative, cette doctrine épargne tous les détails qu'on était autrefois obligé de donner sur la préparation fournie par la précipitation de l'or, opérée à l'aide de l'étain. C'est Cassius qui a le premier décrit avec soin cette préparation, quoiqu'elle ait été connue avant lui et annoncée dans plusieurs ouvrages de chimie, et sur-tout dans ceux de Basile Valentin. Erxleben a donné une dissertation très-détaillée sur cet objet; mais malgré les nombreuses et utiles expériences dont elle est remplie, il s'en fallait de beaucoup néanmoins que cette matière eût été convenablement éclaircie jusqu'au travail de Pelletier sur les deux états de la dissolution muriatique d'étain, travail qui a détruit toutes les obscurités dont cette opération était encore couverte.

61. Quand on plonge une lame d'étain dans la dissolution d'or, la surface de ce métal se colore tout-à-coup en violet ou en pourpre très-foncé, et une poussière de cette couleur, d'une finesse extrême, se répand peu à peu dans toute la liqueur, dont elle détruit la transparence et qu'elle rend presque noire. On nomme cette poudre *précipité de Cassius*, *précipité*

pourpre, ou *pourpre minéral*. Ce n'est point par ce procédé qu'on la prépare abondamment pour les arts de la porcelaine ou de la faïence où elle est fort employée ; c'est en mêlant une dissolution d'étain dans l'acide nitro-muriatique ou dans l'acide muriatique, avec la dissolution de l'or, qu'on l'obtient très-abondamment. Mais autrefois ce mélange ne produisait pas toujours la couleur que l'on cherchait : tantôt on n'avait qu'un brun sale ; quelquefois on ne produisait rien par ce mélange. Quoique quelques observations faites par plusieurs chimistes auraient pu mettre sur la voie pour reconnaître la véritable cause de toutes les incertitudes, on n'a pu les connaître définitivement que lorsque Pelletier a eu découvert que le muriate d'étain avait la propriété d'absorber de l'oxigène atmosphérique ; que quand il s'en était saturé il ne donnait plus de précipité pourpre ; que ce précipité tenait même à la grande tendance de l'étain non saturé d'oxigène pour ce principe ; qu'il l'enlevait à l'oxide jaune d'or, et qu'en le ramenant à l'état d'oxide pourpre il le séparait de sa dissolution et s'y unissait lui-même intimement ; que c'était pour cela que la liqueur fumante de Libavius ou le muriate suroxigéné d'étain ne précipitait pas la dissolution d'or ; que par la même raison une dissolution d'étain, faite depuis long-temps, et exposée à l'air dont elle avait absorbé l'oxigène qui l'avait saturée, ne donnait plus de précipité pourpre avec le muriate d'or ; que celle qui n'avait encore absorbé qu'une faible portion d'oxigène y formait un précipité rouge pâle ou fauve ; et qu'ainsi cette précipitation consistant dans la désoxidation de l'or par l'étain, et dans l'union de l'oxide d'or en partie désoxidé avec l'oxide d'étain plus oxigéné qu'auparavant, il serait désormais toujours facile de préparer à volonté le précipité pourpre, et il n'arriverait plus de manquer cette importante préparation. L'expérience de tous les chimistes confirme cette théorie simple et lumineuse de Pelletier.

62. C'est au même principe, à la grande attraction du fer pour l'oxigène, quand il n'en est pas saturé, qu'est due la décomposition de la dissolution muriatique d'or : lorsqu'on y verse une dissolution de sulfate de fer verte et récente, tout-à-coup il se forme un précipité d'or réduit. Bergman a cru ce précipité tellement rapproché de l'état d'or, qu'il l'a donné comme moyen de reconnaître et de déterminer la proportion de ce métal dissous dans les essais de ses mines par la voie humide. Le sulfate de fer rouge ou suroxigéné ne forme point un pareil dépôt dans le muriate d'or.

63. Plusieurs autres dissolutions métalliques ont également la propriété de décomposer et de précipiter la dissolution muriatique d'or. Le nitrate d'argent y forme un précipité rougeâtre mélangé de muriate d'argent blanc et d'oxide d'or pourpre : celui de plomb y donne un dépôt obscur et foncé, composé de muriate de plomb et d'oxide d'or. On ne connaît pas même à beaucoup près tous les effets réciproques que les sels métalliques divers sont capables de produire, et les composés qu'ils peuvent former avec la dissolution d'or, sur laquelle beaucoup d'entre eux sont susceptibles d'agir.

64. Les acides métalliques n'attaquent pas l'or et n'en altèrent en aucune manière les propriétés. Le citoyen Vauquelin, dans ses recherches et ses découvertes sur l'acide chromique, a trouvé que cet acide, mêlé à l'acide muriatique, lui donnait la propriété de dissoudre l'or ; ce qui tient à une portion d'oxigène qu'il se laisse enlever par l'acide muriatique, comme des expériences immédiates le lui ont fait voir, et comme ce passage de l'acide chromique, naturellement orangé, à l'état d'oxide vert, à mesure que l'action sur l'or a lieu, le lui a d'ailleurs prouvé sans réplique.

I. *Action sur les bases et les sels.*

65. L'or, à l'état métallique, n'a aucune attraction pour les terres et les alcalis, dont il ne reçoit aucune altération. A l'état d'oxide pourpre, et mieux encore d'oxide jaune, il s'unit aux terres vitrifiées par des alcalis, et forme ou des émaux violets, pourpres, ou des verres jaune d'or : c'est par cette dernière propriété qu'on le fait entrer dans la fabrication des topazes artificielles. Ces verres jaunis par l'or, où entre l'oxide de plomb en grande quantité, et souvent celui de manganèse, présentent quelquefois une propriété bien remarquable : c'est qu'en les faisant chauffer légèrement et bien avant qu'ils se fondent, ils se colorent en pourpre permanent ou en rouge de rubis ; ce qui paraît être dû à un changement d'équilibre et de combinaison de l'oxigène.

66. Aucun oxide d'or pourpre, fait par quelque procédé que ce soit, n'éprouve de changement par les alcalis ni par l'ammoniaque ; mais son oxide jaune précipité de la dissolution par les alcalis fixes, digéré pendant quelque temps avec l'alcali volatil, passe facilement à l'état d'or fulminant : ce qu'il est essentiel de savoir quand on travaille sur ce métal, afin qu'on ne s'expose pas, dans les diverses opérations qu'on fait sur l'or, à le porter, sans s'en douter, à l'état d'oxide ammoniacal, qui pourrait fulminer lorsqu'on s'occuperait à le réduire par la chaleur.

67. Les sels les plus actifs, les nitrates et les muriates suroxigénés, n'ont aucune action sur l'or pur. Cependant on a observé que le borax affaiblit sa couleur, et que le nitre qu'on emploie quelquefois pour le purifier et l'affiner, ainsi que pour assembler les molécules diverses de ce métal, la rehaussent et la rendent beaucoup plus brillante qu'elle ne l'aurait été sans cette addition.

K. *Usages.*

68. Outre le prix réel attaché à l'or en raison de sa beauté, de son inaltérabilité et de sa rareté ; outre celui d'estime et de préjugé que les passions humaines lui ont donné, et qui le fait considérer comme le premier et le plus utile de la nature, il a par lui-même et en raison de ses propriétés individuelles une foule d'utilités qui, seules, lui méritent encore le rang qu'il occupe dans l'esprit et dans la considération des hommes. Son peu d'abondance ne permet pas qu'on le fabrique lui-même en ustensiles ; ceux d'un petit volume qu'on en fait ne peuvent être travaillés avec ce métal pur, qui a trop de mollesse pour bien conserver les formes qu'on lui donnerait : on l'allie en général avec un dixième ou un douzième de son poids de cuivre, qui lui donne la consistance et la dureté requises ; ce qui forme l'or à vingt-deux karats du commerce ou l'or de bijous. Les monnaies d'or, qui sont plus petites, plus épaisses, et d'une forme plus solide que celles des bijous, ne contiennent qu'un vingt-quatrième d'alliage, et sont à vingt-trois karats.

69. Le brillant et la belle couleur de l'or, joints à son indestructibilité, plaisent trop aux yeux et excitent chez les hommes un sentiment de gaîté et de plaisir trop marqué, pour qu'on n'ait pas cherché depuis long-temps, et beaucoup perfectionné par conséquent, l'art de multiplier son aspect, de le réduire presque tout en surfaces, et d'en recouvrir une foule de corps qu'il orne, qu'il enrichit et qu'il défend en même temps de toute altération et de toute destruction. De là les espèces et les variétés si nombreuses de dorures ou d'applications d'or sur le fer, le cuivre, l'argent et les autres métaux, sur les pierres et les sels indissolubles, sur les bois, sur les étoffes, sur les papiers et sur les cartons. Les dorures les plus légères ou les plus superficielles sont faites avec des

dissolutions d'or qu'on réduit, soit par une surface métallique, soit par le phosphore, le soufre brûlant et l'acide sulfureux, comme dans les procédés ingénieux de madame Fulham. Quelques-unes des plus simples consitent dans l'application, au moyen d'un mordant ou d'un mélange collant et susceptible de dessiccation, de feuilles d'or dont on multiplie plus ou moins les couches successives, qu'on rend très-unies par le frottement et la pression avec des corps durs, et qu'on fait pénétrer dans toutes les cavités, et suivre exactement toutes les formes, sans les corrompre, avec de petits instrumens qui servent à les enfoncer exactement par-tout. Telle est la dorure sur bois, sur carton, sur écaille, sur la corne, sur les os, sur les pierres et sur une foule de corps de nature non métallique.

70. On nomme or *en chaux*, qu'on emploie souvent pour certaines dorures, celui que l'on prépare en broyant avec du miel les rognures de feuilles d'or; en les lavant dans l'eau, et en faisant sécher ensuite les molécules d'or qui se précipitent. L'*or en coquille* est de l'or en oxide pourpre, précipité de sa dissolution et délayé avec une eau mucilagineuse ou une dissolution de gomme. Pour faire *l'or en drapeaux*, qui sert aussi à quelque espèces de dorures, on trempe des morceaux de vieux linge fin dans une dissolution nitro-muriatique d'or; on les fait sécher et on les brûle. Quand on veut s'en servir, on trempe un bouchon mouillé dans les cendres de ces chiffons; on en frotte l'argent, sur lequel l'or très-divisé s'applique facilement. Quelquefois dans les dorures où l'or est appliqué en oxide brun, on passe les pièces légèrement au feu pour rendre à ce métal son état pur et son brillant. La vapeur du soufre ou l'acide sulfureux pourraient suffire pour cet usage.

71. La dorure en or moulu est la plus précieuse et la plus solide. C'est sur le cuivre rouge ou jaune qu'on l'applique le plus souvent. On commence par bien nettoyer la pièce

que l'on veut dorer, à l'aide du sable et de l'acide nitrique affaibli, qu'on nomme *eau-seconde ;* on la passe dans cette liqueur, et on la frotte avec des pinceaux de fil de cuivre nommés *gratte-bosses.* On la plonge ensuite dans une dissolution nitrique de mercure très-étendue d'eau, qui dépose sur le cuivre une petite couche de mercure métallique destinée à faire contracter une forte adhérence à l'amalgame d'or qu'on étend sur la pièce après l'avoir préalablement lavée à grande eau pour emporter la portion d'acide ; quand l'amalgame est bien uniformément étendue sur la pièce, on la chauffe en la plaçant sur les charbons pour faire volatiliser tout le mercure. L'or reste seul et d'un jaune mat. On lui donne le brillant et le poli en passant dessus ce qu'on nomme *cire à dorer*, ou un mélange de bol rouge (argile ferrugineuse) de vert-de-gris, d'alun et de sulfate de fer, incorporés avec de la cire jaune, et en chauffant ensuite une dernière fois la pièce pour brûler la cire.

72. L'application de l'or sur l'argent, espèce de dorure en or moulu, qu'on connaît sous le nom de *vermeil*, réussit mieux encore et prend une couleur beaucoup plus riche, ainsi qu'une solidité plus grande, à l'aide de l'amalgame qu'on se contente d'appliquer sur l'argent bien déroché ou nettoyé par l'acide nitrique : on chauffe ensuite la pièce à feu nu pour enlever le mercure. On donne à ces dorures précieuses et durables diverses teintes ou nuances de jaune, de rouge, de pourpre ou de verdâtre, par différentes matières salines ou autres qu'on applique en poudre ou en pâte, et qu'on fait chauffer sur l'amalgame ; on les brunit à la manière ordinaire, par le frottement et la pression, avec des corps durs et polis. L'argent doré ou le vermeil imite parfaitement l'or par la couleur.

73. Un des arts les plus industrieux et les plus intéressans de ceux qu'on exerce sur l'or, c'est celui du batteur et du tireur d'or : il est fondé sur la ductilité extrême de

ce métal, et sur la facilité avec laquelle il s'étend. Battre l'or consiste à le frapper régulièrement et d'une manière sûre, entre des membranes, des intestins ou des baudruches, sur des tas d'acier parfaitement dressés, avec des marteaux carrés, également lisses et droits; à force de multiplier les percussions, on réduit l'or en feuilles si minces que le vent les emporte. On les coupe ensuite en carrés, et on les place entre des feuilles de papier doux, et imprégné de sanguine dans sa pâte même : c'est ce qu'on nomme des livrets. Les feuilles d'or sont criblées d'un millier de trous, de manière qu'on voit le jour au travers en les plaçant entre l'œil et la lumière; mais malgré ces nombreuses déchirures elles ont encore une assez grande cohérence pour se tenir d'une seule pièce, et pouvoir être appliquées tout entières sur la surface de beaucoup d'autres corps. L'art du tireur d'or n'est pas moins remarquable. Un cylindre d'argent, recouvert d'une couche d'or ou solidement doré, passé et tiré avec effort par les trous des filières d'acier, depuis ceux qui sont presque du diamètre du premier cylindre ou qui s'en éloignent peu, jusqu'à ceux qui donnent des fils presque imperceptibles, s'alonge toujours dans le même état, toujours formé d'un cylindre solide d'argent et recouvert d'une enveloppe d'or, dont la minceur semble échapper à l'imagination. Ces feuilles d'or et ces fils si ténus d'argent doré qu'on nomme en général *fil-trait*, servent à une foule d'usages dans un grand nombre d'arts qui les emploient.

74. Ce n'est pas un art moins recommandable dans les nombreux travaux que l'or entretient parmi les hommes, que celui de donner à ses plaques, à ses petits cylindres, ou à ses fils toutes les formes si variées et si élégantes que les orfèvres et les joalliers savent lui faire prendre. Produits de l'industrie, du talent et de l'adresse, de l'habileté et de l'imagination de ces ouvriers intelligens, les vases, les ustensiles, les joyaux et les bijoux d'or centuplent sans cesse son prix;

et en fournissant un aliment perpétuel au luxe, heureusement insatiable, ces morceaux, où le goût et le perfectionnement du bel art du dessin se montrent et s'élèvent chaque année, sont une utile occasion d'occuper beaucoup de mains et de favoriser chez les peuples modernes le commerce, qui multiplie les jouissances de l'homme, et qui est la source de la richesse et de la prospérité de tant de nations. Il est de la nature et de la perfectibilité de l'homme d'aimer les bijoux et les ustensiles d'or, puisque le sauvage de l'Amérique et de l'Afrique, qui a si peu de besoins d'ailleurs, quand on l'oppose aux citadins délicats de l'Europe, charge les oreilles, les bras, les doigts, les narines et les lèvres même de sa compagne, de fragmens de paillettes et de filamens d'or qu'il ramasse dans les torrens et les ruisseaux, et qu'il courbe ou travaille avec facilité en raison de sa pureté et de la mollesse de ce métal natif.

75. Disséminé en plaques minces de toutes les formes ou en paillons, tordu sur lui-même en cannetilles, alongé sous forme de fils solides, ou roulé sur des fils de soie qui le soutiennent et qui lui donnent plus de volume et plus de consistance; l'or se multiplie encore sur les vêtemens de plusieurs peuples, en broderie, en tissus, en gallons. Tantôt il annonce l'opulence et le luxe de ceux qui s'en couvrent; tantôt il sert de décoration et marque les dignités parmi les hommes. On l'associe dans les tissus à la soie, au lin, à la laine, aux crins, à la plume; on le marie avec toutes les nuances de couleur; on le fait briller même à travers des petites couches de verre qui adoucissent ou modèrent son éclat, qui projettent ou multiplient les rayons brillans réfléchis par sa surface; et l'on sait assez combien, sous les formes vestimentaires, il attire les regards et semble se concilier le respect et presque l'obéissance: aussi entre-t-il toujours dans les ornemens des grandes dignités, dans la distinction des rangs chez les peuples qui les reconnaissent; dans les fêtes,

dans les jeux, dans les spectacles, dans les cérémonies religieuses ou civiles, en un mot dans tous les cas où il s'agit d'attirer l'attention ou de produire le sentiment d'admiration, d'étonnement, de frapper l'imagination et d'occuper les regards de la multitude.

76. L'or se distingue encore par la beauté des couleurs et par la richesse des teintes qu'il communique aux émaux, aux couvertes de porcelaine et de faïence, aux verres colorés et aux pierres précieuses factices. Les violets, les pourpres, les bruns pourprés, les bleus violets ou purpurins, les jaunes de topaze, les rouges brillans et animés du rubis et de la vermeille, sont les principales variétés des nuances que les oxides d'or plus ou moins fortement et rapidement chauffés, alliés avec des quantités et des natures également variées de terres et de fondans, produisent dans tous les arts de vitrification.

77. J'ai déja fait remarquer, au commencement de cet article, qu'il est quelquefois employé pour défendre et garantir le fer de la rouille, et que malgré toute la prétendue noblesse de sa nature et de son origine, que les alchimistes lui avaient reconnue, il était modestement abaissé à la condition de simple préservateur ou défenseur du métal regardé comme le plus commun et presque le plus vil que la nature eût créé. Il a le même usage dans les dorures des grilles, dans celles de quelques pièces d'horlogerie et de beaucoup de machines de physique, et il pourrait même être plus multiplié quelque jour parmi les hommes, sous cette condition de couvrir et de préserver le fer de l'altérabilité si grande et si facile qui le caractérise.

78. Il n'est pas difficile d'imaginer qu'un métal si précieux et si estimé ait aussi été rangé au nombre des substances médicamenteuses. A quoi l'homme n'a-t-il pas eu recours pour guérir ses douleurs, soulager ses maux et prolonger son existence? J'ai déja fait voir plus haut qu'on

lui avait attribué des vertus cordiales alexipharmaques, etc. mais que ces vertus n'existaient que dans l'imagination de ceux qui les ont vantées. Aussi toutes les recettes d'or potable sont-elles rangées aujourd'hui dans la liste des médicamens ridicules et inutiles.

ARTICLE XXII.

Du Platine.

A. *Histoire.*

1. Le platine, qu'on nommait, avant l'établissement de la nomenclature méthodique, la platine, et qui forme le dernier métal, le plus intraitable et le plus indestructible de tous, n'était pas connu des chimistes avant le milieu du dix-huitième siècle. On vendait cependant sous ce nom, d'origine espagnolle, qui signifie *petit argent*, quelques bijoux blancs peu estimés, avant qu'on connût distinctement ce métal. Antonio de Ulloa, mathématicien espagnol, qui accompagna les académiciens français dans le fameux voyage du Pérou, entrepris pour déterminer la figure de la terre, est le premier qui en donna une notion un peu exacte dans la relation de son voyage, publiée à Madrid en 1748. On assure que Charles Wood, métallurgiste anglais, en avait apporté de la Jamaïque en 1741. Le même homme décrivit quelques expériences sur ce nouveau métal dans les Transactions philosophiques des années 1749 et 1750.

2. Ces premiers essais, qui annonçaient des propriétés très-extraordinaires firent un grand bruit en Europe, à une époque où la découverte d'un métal, sur-tout aussi singulier que paraissait l'être celui-ci, était un phénomène hors de tout ce

qu'on avait osé espérer. Alors les plus grands chimistes de l'Europe travaillèrent à l'envi le platine et recherchèrent ses caractères distinctifs. Scheffer, chimiste suédois, dont Bergman a publié les leçons, donna en 1752, dans les Mémoires de l'académie de Stockholm, la prémière suite exacte d'expériences d'après lesquelles il rapprocha ce métal de l'or par ses propriétés, et l'appela *or blanc*. Lewis, chimiste anglais, à qui, parmi beaucoup d'autres travaux, on doit une histoire très-complète pour le temps de l'argent et de l'or, a fait et publié, dans les Transactions philosophiques pour 1754, un travail suivi et très-complet sur le platine. Margraff consigna dans les Mémoires de Berlin pour 1757 le détail de ses expériences sur ce métal. Tous ces premiers travaux ont été recueillis et rapprochés en France par Morin dans un ouvrage publié en 1758, qui avait pour titre : *La platine, l'or blanc* ou *le huitième métal.* C'est une compilation méthodique de tout ce qui avait été fait jusque-là.

3. Macquer et le citoyen Baumé entreprirent en commun, à cette dernière époque, un grand nombre d'expériences intéressantes sur le platine ; elles sont consignées dans les Mémoires de l'académie des sciences pour 1758. Buffon a rapporté, peu de temps après, dans le premier tome de ses Supplémens, une suite de recherches qu'il avait faites en commun avec Milly et le citoyen Guyton. M. de Sickingen a fait aussi des recherches nombreuses et utiles sur le platine, qu'il communiqua à l'académie, et dont Macquer a donné un extrait détaillé dans son Dictionnaire de chimie. Delisle a aussi présenté, en même temps à peu près, à l'académie des sciences un travail sur ce métal.

4. Après ces recherches déja très-multipliées, Achard, le citoyen Guyton, Lavoisier, Pelletier, ont donné successivement des moyens d'obtenir le platine pur, celui de le fondre, et de nouvelles connaissances sur ses combinaisons. Bergman a écrit une Dissertation particulière sur la nature de

ses précipités par différens réactifs alcalins. M. Chabaneau, alors professeur de chimie en Espagne, s'est occupé des procédés propres à traiter ce métal en grand, et y a réussi. A Paris, des artistes habiles se sont aussi appliqués avec ardeur à ce genre de travail. Les citoyens Carrochez ingénieur, et Janety orfèvre, ont trouvé également des procédés utiles pour purifier le platine et pour le forger. Le premier en a construit des miroirs de télescope, et le second en fabrique tous les jours des lames, des fils, des creusets et toutes sortes d'ustensiles qui servent en physique et en chimie.

5. De ces différens travaux réunis résulte une connaissance déja assez avancée des propriétés du platine, quoiqu'il y ait encore beaucoup de choses à desirer pour compléter l'histoire de ce métal. La doctrine pneumatique n'a rien fait sur le platine, que d'apprendre à le placer sur la même ligne que l'or, par rapport à son oxidabilité difficile, à son peu d'attraction pour l'oxigène, et conséquemment à son inaltérabilité par le plus grand nombre des corps.

B. *Propriétés physiques.*

6. Le platine, purifié par les procédés qui seront bientôt indiqués, est d'un blanc moins beau que l'argent, et qui tire un peu sur le gris de fer. Quand il est bruni il tire sur le noir et n'a point l'éclat blanc de l'argent; ses parties mattes sont un peu grises et un peu ternes. Il n'a point l'aspect aussi brillant et aussi agréable que l'argent et que l'or; et la plupart des hommes, quoique ne pouvant pas le confondre avec d'autres métaux, n'en pourraient pas prendre à la vue seule la même idée, ni lui accorder la même estime qu'à ces deux métaux précieux qui attirent leurs regards et excitent leur admiration.

7. Ce métal est le plus dense et le plus pesant de tous les corps naturels. Quand il est faiblement battu ou forgé, sa

pesanteur est à celle de l'eau comme 20.850 : 1000 ; quand il est fortement écroui, elle va jusqu'à 20.980, suivant les expériences du citoyen Borda. Sickingen l'a portée jusqu'à 21.061, et M. Chabaneau à 24.000. Sa dureté n'est pas la plus grande que l'on trouve parmi les métaux : en raison de cette propriété, le citoyen Guyton lui assigne le second rang parmi les métaux, après le fer et le manganèse, et avant le cuivre.

8. L'élasticité du platine paraît être assez forte : sa ductilité est grande ; quoiqu'il soit assez difficile à traiter, on le réduit en fils très-fins et en feuilles très-minces. Le citoyen Guyton lui donne le second rangparmi les métaux, considérés dans cette propriété ; il le place entre l'or et l'argent. On le plie facilement ; et la résistance, la cohésion de ses molécules dans les lames qu'on en fabrique, permettront d'en faire quelque jour un grand nombre d'usages d'une haute importance. Le citoyen Guyton a fait les dernières et les plus exactes expériences sur sa ténacité ou sur la cohésion de ses molécules. Il lui attribue à cet égard le troisième rang après le fer et le cuivre, avant l'argent et l'or. Il a trouvé que des fils de ces cinq métaux, tirés à la même filière et de deux millimètres de diamètre, portaient le poids suivant avant de se rompre :

Fer.	249.659 kilogrammes.
Cuivre	137.399
Platine	124.690
Argent	85.062
Or	68.216.

9. Le platine, comme tous les autres métaux, s'échauffe vîte, et est très-bon conducteur du calorique. Le citoyen Borda a trouvé que sa dilatation est de $\frac{1}{92000}$ pour un degré du thermomètre de Réaumur, et $\frac{1}{116000}$ pour un degré du thermomètre décimal. C'est de tous les métaux le plus intraitable au feu et le plus difficile à fondre. Il s'éloigne encore du man-

ganèse et du fer par cette propriété. Le citoyen Guyton estime sa fusibilité à $160+x$; c'est-à-dire à un degré encore inconnu, ou supérieur à la dernière limite du pyromètre de Weegdwood : tandis qu'il place, comme on l'a vu ailleurs, celle du manganèse à 160, et celle du fer à 130. En effet, le plus grand feu connu de nos fourneaux ne ramollit même que très-peu sensiblement le platine en grains. On ne parvient qu'aux plus extrêmes températures à aglutiner seulement ces grains, sans leur communiquer cependant une véritable ou forte adhérence, puisqu'on peut les séparer par le choc. Macquer et le citoyen Baumé en ont tenu exposés plusieurs de suite au feu continuel et violent d'une verrerie; et ces grains se sont seulement collés légèrement les uns aux autres; ils se sont ensuite séparés par l'effort de la main. Ils ont vu que leur couleur devenait très-brillante quand ils étaient rouges à blanc. En exposant ces mêmes grains de platine bien triés au foyer de la lentille ardente de l'académie, les portions placées au centre du foyer ont fumé, et se sont fondues au bout d'une minute, et ont formé un bouton homogène, blanc et brillant, bien ductile, susceptible d'être coupé avec un couteau. Le citoyen Guyton est aussi parvenu à en fondre de petites portions dans un creuset, à l'aide de son flux réductif, composé de huit parties de verre pilé, d'une partie de borax calciné, et d'une demi-partie de charbon en poudre, en employant à cette opération le fourneau à vent de Macquer. Lavoisier a aussi également fondu de petites portions de platine dans un creux de charbon avec le soufflet de gaz oxigène : et depuis tous ces essais, il n'y a rien de si aisé que de se procurer de petits boutons de ce métal ainsi fondu; mais ce sont de si petites masses qu'il est impossible de les employer à des expériences décisives; et l'on peut dire encore qu'on n'a point obtenu de véritable et utile fusion du platine, puisque, traité par les moyens ordinaires, il a été impossible de le faire entrer en fonte sous un volume qui permette d'en

bien examiner les propriétés, et de le faire servir aux essais propres à les faire connaître. Aussi verra-t-on bientôt que, pour en tirer le parti utile qu'on en a déja tiré pour en fabriquer des lames, des plaques, des barres, des fils, des vases, etc., il a fallu le fondre à l'aide de quelques alliages, et le séparer ensuite par le forgeage de ceux des métaux qu'on y a réunis. J'en parlerai à l'article métallurgie.

10. Le platine est très-bon conducteur du fluide électrique et du Galvanisme. On n'a point apprécié le rapport de cette propriété avec celle des autres métaux ; mais il paraît qu'elle est très-forte : il n'a ni odeur ni saveur, et ressemble par ce caractère à l'argent et à l'or.

C. *Histoire naturelle.*

11. Le platine n'a encore été trouvé que parmi les mines d'or de l'Amérique, et spécialement dans celle de Santa-Fé, près de Carthagène, et au bailliage de Choco au Pérou. On le retire sous la forme de petits grains ou de paillettes d'un blanc ou gris livide, dont la couleur tient à la fois de celles de l'argent et du fer. Ces grains sont mêlés de plusieurs substances étrangères ; on y trouve des paillettes d'or, du sable ferrugineux noirâtre, des grains qui paraissent à la coupe scorifiés comme le mâchefer, et quelques molécules de mercure.

12. En examinant à la loupe les grains de platine, les uns paraissent anguleux, d'autres arrondis ou aplatis comme des espèces de gallets. Ils s'aplatissent sous le marteau ; quelques-uns se brisent en plusieurs morceaux ; ceux-ci paraissent souvent creux dans leur intérieur, et contiennent des parcelles de fer et une poussière blanche. C'est à ces petits grains de fer que l'on doit attribuer la propriété d'être attirables à l'aimant, qu'on reconnaît dans les grains de platine, quoique bien séparés du sable ferrugineux qu'ils contiennent.

Pour avoir les grains de platine les plus purs et les plus gros, on les trie à la main, et on en sépare les paillettes d'or, les sables quartzeux, et le fer qui s'y rencontrent.

13. Il est vraisemblable que le platine ne se trouve pas dans l'intérieur de la terre, tel qu'on l'apporte et qu'on le voit dans nos collections minéralogiques. La forme de grains et de paillettes qu'il présente est due, soit aux mouvemens des eaux par lesquelles il est entraîné des montagnes dans les plaines, soit au broiement des meules par où l'on fait passer les mines d'or avec lesquelles il est mêlé ou disséminé dans la nature. On en a trouvé quelquefois des morceaux assez volumineux. La société de Biscaie en possède dans sa collection un morceau gros comme un œuf de pigeon. Ces fragmens isolés et plus gros que les autres sont souvent de forme ovoïde. Le citoyen Gillet en a un de cette forme qui a environ un centimètre ou 4 lignes $\frac{1}{2}$ de longueur sur 7 millimètres ou 3 lignes $\frac{1}{9}$ dans sa plus grande largueur, et qui pèse à peu près 21 décigrammes ou 40 grains. Aucun naturaliste n'a encore décrit le gissement, les gangues ni les variétés des mines de platine. C'est le métal le moins connu encore dans la nature, et le seul peut-être qui, trouvé jusqu'ici dans un seul État, ne l'a encore été que dans un seul pays.

D. *Essai et métallurgie.*

14. Le platine est très-reconnaissable à sa forme, à sa couleur et à sa pesanteur. Comme il est toujours mélangé de sable et de fer, souvent d'or et de mercure, outre le triage à la main, dont j'ai déja parlé, et qui a fait trouver à Tillet quelques grains de ce métal enchatonés dans une gangue quartzeuse, on a recours à différens procédés pour le purifier. On le fait chauffer et rougir pour en volatiliser la portion de mercure laissée par l'amalgamation qui a servi à en obtenir l'or. On en sépare le fer par le barreau aimanté, qui enlève

très-souvent avec ce métal attirable de petits fragmens de platine. On en fait aussi chauffer les grains avec de l'acide muriatique qui dissout et enlève le fer. Bergman a remarqué que le platine diminue de 0.05 de son poids par cette opération. Il ne reste plus après cela que le platine et l'or que l'on dissout tous les deux dans l'acide nitro-muriatique ; et on retrouve la proportion de ces deux métaux en précipitant l'or par le sulfate de fer, et en pesant avec soin ce précipité, qui, comme je l'ai dit, est en poussière métallique.

15. Quant aux travaux en grand, il n'y en a encore aucun d'arrêté ou de pratiqué. Le gouvernement espagnol s'étant apperçu que l'on altérait l'or avec le platine, et qu'il était difficile de s'appercevoir de la fraude à cause de la pesanteur spécifique de cet alliage et de son inaltérabilité, a, dit-on, fait fermer les mines de platine : expression fausse, et qu'il faut expliquer de manière à ce qu'elle ne laisse point d'ambiguité et d'incertitude. Il paraît que le platine se trouvant toujours mêlé avec les mines d'or, et tous les deux étant disséminés à l'état natif dans la même gangue, il n'est pas possible qu'on ait fermé les mines de platine ; mais qu'à mesure qu'on trait et qu'on sépare celui-ci, qui ne se dissout point dans le mercure comme le fait l'or, on le jette ou on le met à part, de manière à ce qu'il ne passe plus comme autrefois dans le commerce : de là vient que l'art de le travailler en grand n'a pas fait de progrès, et qu'il n'a pu être élevé aucun établissement pour cette branche si neuve encore de la métallurgie.

16. Aussi ce qui appartient à la métallurgie du platine n'est qu'une suite de travaux faits plus en grand que ceux d'un simple essai, mais beaucoup moins en grand que les travaux métallurgiques ordinaires. C'est par ces travaux que les citoyens Carrochez, Jeannety, Chabaneau et plusieurs autres, sont parvenus à fondre, sur-tout à l'aide de l'acide arsenieux, ou ce qu'on appelle l'*arsenic blanc*, des quantités un peu consi-

dérables, quelques kilogrammes de platine, à le battre et à le forger, en le faisant continuellement chauffer et ramollir de manière à le priver peu à peu et enfin tout-à-fait de l'arsenic qui l'entraîne dans sa fusion, et à lui conserver la forme continue et liée, propre à le laisser laminer, emboutir, tirer à la filière. C'est par un travail pareil qu'on lui a donné la plus grande pureté en le mettant à l'état ordinaire des autres métaux, et en lui faisant prendre les formes qui peuvent le rendre utile à un grand nombre d'usages.

Comme on n'a point encore décrit les divers procédés dont la plupart des artistes cités se servent pour purifier, fondre et forger le platine en grand, je crois utile de donner ici celui du citoyen Jeannety, publié par lui-même dans le rapport fait en 1790 au bureau de consultation, par Pelletier.

Procédé du citoyen Jeannety pour obtenir le platine en barre et malléable.

« Il faut piler le platine pour le débarrasser des parties ferrugineuses et hétérogènes qui lui sont mêlées. Ce préliminaire rempli, je prends trois marcs de platine, six marcs d'arsenic blanc en poudre, et deux marcs de potasse raffinée ; je mêle le tout : je mets au feu un creuset du contenu de quarante marcs ; et quand mon fourneau et mon creuset sont bien chauds, je jette dans le creuset un tiers du mélange, et je donne une bonne chaude, ensuite une seconde charge, et ainsi de suite, ayant soin à chaque charge de mêler le tout avec une baguette de platine : je donne alors un bon coup de feu ; et après m'être assuré que le tout est bien liquide, je retire mon creuset, et je le laisse refroidir. Après l'avoir cassé, je trouve un culot bien formé qui attire le barreau aimanté ; je brise mon culot, je le fonds une seconde fois de la même manière ; et si cette seconde fonte ne l'a pas purifié du fer, je le fonds une troisième fois ; mais, en général, deux fontes

suffisent ; et si je suis forcé d'en faire une troisième, je réunis deux culots pour épargner un creuset et du charbon.

» Cette première opération étant faite, je prends des creusets dont le fond est plat, d'une circonférence qui donne au culot environ trois pouces et un quart de diamètre : je fais bien rougir ces vaisseaux, et je jette dans chaque trois marcs de platine qui a été fondu par l'arsenic après l'avoir brisé, et auquel je joins son poids égal d'arsenic et un marc environ de potasse raffinée : je donne alors un bon coup de feu ; et après m'être assuré que le tout est bien liquide, je retire mon creuset du feu, et je le mets refroidir, observant de le placer horizontalement pour que mon culot soit d'égale épaisseur. Après avoir cassé le creuset, je trouve un culot bien net et sonore, pesant communément trois marcs trois onces. J'ai observé que plus il se combinait d'arsenic avec le platine, plus sa purification était prompte et facile. Dans cet état, je mets mon culot dans un fourneau à moufle, laquelle ne doit pas être plus haute que la circonférence des culots placés sur le champ, et un peu inclinés contre les parois de la moufle : j'en place de cette manière trois de chaque côté ; je mets le feu à mon fourneau, afin que la moufle soit également chauffée dans sa circonférence ; et à l'instant que les culots commencent à évaporer, je ferme les portes de mon fourneau pour soutenir le feu au même degré ; ce qui doit être observé jusqu'à la fin de l'opération : car un seul coup de feu trop violent détruirait toutes les peines que l'on se serait données jusque-là. Je fais évaporer mes culots pendant six heures, ayant soin de les changer de place pour qu'ils reçoivent tous le même degré de chaleur, et je les mets dans de l'huile commune ; je les tiens le même espace de temps à un feu suffisant pour dissiper l'huile en fumée : je continue cette opération tout le temps que le culot évapore ; et lorsque l'évaporation cesse, je pousse le feu, autant qu'il m'est possible, par le moyen de l'huile. Les vapeurs arsenicales ont un bril-

lant métallique que je n'obtiens pas sans intermède, et je n'avais jamais pu avoir le platine parfaitement malléable sans cet agent.

» Si les préliminaires que j'indique ont été bien suivis, l'opération ne dure que huit jours : alors je décape mes culots dans de l'acide nitreux ; je les fais bouillir dans de l'eau distillée, jusqu'à ce qu'ils ne contiennent plus d'acide ; j'en mets alors plusieurs l'un sur l'autre ; je leur applique le degré de chaleur le plus fort possible, et je les frappe au mouton, ayant soin, à la première chaude, de les rougir dans un creuset pour qu'il ne s'introduise aucun corps étranger dans mes culots, qui ne sont que des masses spongieuses avant cette première compression : après, je les chauffe à nu, et j'en forme un carré que je frappe sur toutes les faces, plus ou moins longtemps, suivant qu'ils ont du volume ».

17. Il y a tout lieu de croire que le gouvernement espagnol, qui possède seul dans l'Amérique les mines de platine connues, et qui sait que la chimie fournit des moyens certains de reconnaître tous les alliages et toutes les proportions du platine avec l'argent et l'or, de manière qu'il n'y ait plus rien à en craindre pour la sûreté du commerce, en rendant à la circulation ce métal précieux, dans un temps qui ne peut plus être fort éloigné de celui où nous vivons aujourd'hui, offrira bientôt aux métallurgistes l'occasion de perfectionner le travail, la purification, la fusion et sur-tout le forgeage du platine. Il y a également lieu de croire que ce travail, suivi sur le plan des premiers essais qui ont déja si bien réussi aux artistes et aux savans que j'ai cités, réduira bientôt à un prix moindre que celui mis jusqu'ici au produit de cette nouvelle industrie, les lames, les plaques, les lingots et les fils de platine pur, dont l'utilité sera exposée à la fin de cet article.

E. *Oxidabilité par l'air.*

18. Non seulement le platine ne s'altère, ni dans son brillant, ni dans sa couleur par une longue exposition à l'air, ni même lorsqu'on augmente beaucoup sa température : il semble même l'emporter, à cet égard, sur l'argent et l'or; car un lingot ou une plaque à surface bien polie et brunie de ces trois métaux, rougie en même temps et au même feu traversé par l'air, éprouve, de la part de l'argent et de l'or, une légère altération dans sa couleur, qui devient terne et matte, tandis que celle de platine sort du feu et se refroidit dans l'air en conservant son brillant et son poli; ce qui dépend de sa densité beaucoup plus forte que celle de ces deux métaux, et de l'extrême rapprochement de ses molécules.

19. La même inaltérabilité ou une indestructibilité aussi parfaite ne paraît pas exister tout-à-fait au même degré dans les grains de platine natif. Macquer a observé que ces grains fortement rougis dans un creuset au feu de verrerie prenaient, en refroidissant dans l'air, une couleur terne et grise foncée, et qu'ils augmentaient de poids. La même observation faite auparavant par Margraff, et d'accord avec plusieurs autres faits analogues sur le foncement de couleur de ce métal, dans les cas où l'on parvint à l'oxider, semblent annoncer qu'il est susceptible, après avoir été fortement rougi, et lorsqu'on le tient plongé dans l'air pendant son refroidissement, d'absorber une faible proportion d'oxigène, qui ne va à la vérité qu'à quelques millièmes.

20. Ce phénomène, vu par tous les chimistes qui ont décrit l'action d'un grand feu combinée à celle du contact de l'air sur le platine en grains, n'empêche pas qu'on ne doive le regarder comme un des métaux les plus inaltérables et les plus indestructibles par l'atmosphère, comme un de ceux qui y resteront les plus purs et le plus long-temps sans le plus léger change-

ment et la plus légère perte, lorsqu'on l'y laissera exposé en morceaux, en barres, en lames, en feuilles ou en fils : car, je ne saurais trop le faire remarquer, il présente une plus grande densité, et par conséquent une bien plus forte immutabilité dans sa purification, et après avoir été comprimé, que lorsqu'il est sous la forme de grains et de paillettes que lui a donnée la nature. D'ailleurs, il faut remarquer encore que beaucoup des auteurs que je suis obligé de citer pour offrir l'histoire complète des propriétés de ce métal, ont souvent opéré sur le platine en grains natifs, et ont dû par conséquent rapporter au fer, dont il contient au moins 0.05, les attractions dont ils l'ont cru susceptible; en sorte qu'il y a toujours quelques corrections à faire dans tous les énoncés d'observations faites avant qu'on eût rendu plus communs les morceaux, les plaques et les fils de platine purs, comme on le fait aujourd'hui.

21. Malgré cette singulière inaltérabilité du platine, portée plus loin que celle de l'argent et de l'or, elle n'est cependant encore que relative aux faibles moyens de division et de température qui sont à notre disposition. Les dernières expériences faites par l'oxidation au moyen de la violente commotion électrique, dues au citoyen Van-Marum, ont prouvé qu'un fil de ce métal se brisait et s'enflammait dans l'air, s'y dispersait en poussière semblable à une fumée qui était un véritable oxide de platine. En recevant cette poussière sur un papier, ou en faisant brûler ce métal assujetti sur un papier blanc, on a, au lieu d'une espèce de fumée, une tache grise sale qui s'attache à ce corps, et qui le pénètre profondément pour ne pouvoir plus en être détaché. On observe une flamme blanche peu brillante pendant cette espèce de déflagration. Ainsi dans la forte température, et par la division extrême que la commotion électrique lui communique, il s'allume, s'enflamme et brûle comme tous les autres corps combustibles. Mais avec cette violente combustion, on ne peut pas regarder

cet effet comme la dernière oxidation du platine. Il paraît qu'il ne contient pas tout l'oxigène qu'il peut absorber, que ce n'est qu'un premier oxide qui peut aller plus loin dans son oxidation, comme on le verra par l'action des acides susceptibles de l'attaquer. Au reste, on n'a pas encore recueilli d'assez grandes proportions de cet oxide pour en reconnaître les propriétés, pour en déterminer l'augmentation de poids; et ce n'est que par une analogie, à la vérité bien forte, que l'on pense qu'il est facilement décomposable, et que l'action du calorique peut en dégager l'oxigène et le réduire complétement.

F. *Union avec les corps combustibles.*

22. Parmi les corps combustibles, il n'y a que le phosphore et le plus grand nombre des métaux qui puissent s'unir au platine. Toutes les autres substances de cet ordre ne contractent avec lui aucune combinaison. L'azote, l'hidrogène, le carbone, le soufre sur-tout qui s'unit à tant d'autres substances métalliques, n'exercent aucune action sur le platine, et ne forment aucun composé avec lui. Cette résistance à la combinaison, cette faiblesse, cette absence même d'attraction de la part du platine, tiennent évidemment à la densité et au rapprochement de ses propres molécules, qui adhèrent trop entre elles pour être attirées par celles de ces corps.

23. Margraff s'était déja apperçu d'une action marquée entre le platine et le phosphore; mais il n'avait qu'entrevu la combinaison que ces deux matières sont susceptibles de former entre elles: c'est à Pelletier que l'on doit la connaissance réelle autant qu'exacte de l'union de ces deux corps. Un mélange de parties égales de platine en grains purifié et de verre acide phosphorique, auquel il avait ajouté un huitième de son poids de charbon, chauffé pendant une heure dans un creuset jusqu'à la température qui fait fondre l'or, lui a présenté, sous un verre noirâtre, un petit culot d'un blanc

argentin, un peu plus lourd que le platine employé, dont le fond était rempli de cristaux cubiques. Ce culot était de véritable phosphure de platine très-dur, étincelant par le choc du briquet, non attirable par le barreau aimanté, très-aigre, laissant échapper le phosphore au feu capable de le tenir en fusion, se couvrant d'un verre noir d'abord, ensuite verdâtre, bleuâtre et blanc. Cette couleur successive du verre a fait penser à Pelletier que le phosphore était propre à séparer le fer du platine, et à purifier ce dernier. En exposant ce phosphure à un grand feu dans des coupelles renouvelées, il est parvenu à en séparer tout le fer à l'aide du verre phosphorique, qui, en l'entraînant, a pénétré la terre des os. Le platine exposé quatre fois de suite à cette espèce de coupellation, était en bouton susceptible d'être laminé, mais encore cassant à chaud. En variant cette expérience, Pelletier est parvenu à affiner du platine de manière qu'il était très-pur. Le phosphure de ce métal détone vivement quand on le jette en poudre sur du nitre en fusion ; son mélange avec du muriate suroxigéné de potasse, projeté dans un creuset rouge, produit une vive détonation, et laisse le platine très-pur au fond de ce vaisseau.

Ayant fait rougir du platine en grains dans un creuset, il y a projeté du phosphore ; le métal est entré promptement en fusion : il s'est formé un phosphure aigre, dur, d'un grain serré, assez semblable au blanc de l'acier, recouvert d'une couche de verre noir : il avait acquis un peu plus du sixième de son poids primitif. Ce phosphure, exposé à un grand feu, perd son phosphore qui vient brûler à sa surface, et qui laisse du platine infusible en masse scorifiée et poreuse, très-malléable, très-pur, retenant seulement un peu de verre phosphorique entre ses molécules. En le frappant après l'avoir fait rougir à blanc sous un mouton, il en a fait sortir tout le verre qu'il renfermait, et il en a obtenu un culot de platine très-pur et très-malléable. Il s'est servi de ce procédé pour fabriquer des plateaux de balance, et des flaons qu'il a fait

frapper en médailles. Il s'est arrêté à ce moyen comme un des meilleurs de séparer complétement le fer que contient le platine et sur lequel seul l'acide phosphorique a de l'action. Pour opérer cette importante purification, il a fondu deux parties de platine avec une partie de cet acide vitreux.

24. Si le soufre n'attaque point le platine, les sulfures alcalins le dissolvent et changent ses propriétés : il se comporte à cet égard comme l'or, et passe liquide à travers les filtres à l'aide de cette dissolution; elle est cependant beaucoup moins facile et prononcée avec ce métal qu'avec l'or. Il n'est pas douteux qu'on obtiendrait un résultat analogue avec le phosphore et les alcalis ; mais on n'a point examiné cette espèce de combinaison que l'union immédiate du phosphore et du platine rendrait probable.

25. L'arsenic s'unit au platine et forme avec lui un alliage dur, roide et cassant. On s'est beaucoup occupé de l'action de l'acide arsenieux ou oxide d'arsenic sur le platine. M. Achard et le citoyen Guyton sont les deux chimistes qui ont les premiers traité ce métal par l'arsenic blanc, comme on l'appelait encore avant l'expression appropriée d'acide arsenieux. C'est par cette addition très-fondée qu'on est parvenu à fondre et à couler ce métal, à le purifier des diverses matières étrangères qu'il pouvait contenir, et à l'obtenir peu ductile, susceptible de servir à tous les usages auxquels ce beau métal peut être spécialement destiné. C'est encore ainsi qu'on le travaille à Paris, un peu en grand; qu'on le fond et qu'on le moule d'abord en lames épaisses et parallélogrammatiques, qu'on fait ensuite rougir, qu'on tire en barres ou en lingots plats, en le frappant à coups redoublés. Par le moyen de ces percussions répétées sur le platine allié d'arsenic, qu'on fait rougir avant de le battre, l'arsenic se sépare et se volatilise ; le métal s'affine, devient infusible, mais conserve sa ductilité, de manière qu'on peut le travailler et le traiter comme le fer, qui est cependant beaucoup plus facile à forger. Quand il a été

rougi et fortement battu un assez grand nombre de fois, il se trouve pur, ne contient plus sensiblement d'arsenic. Malgré que chaque artiste qui travaille un peu en grand ce métal à Paris soit censé se servir de procédés particuliers, il paraît qu'on suit généralement celui que j'annonce ici, parce qu'il n'y a que l'arsenic qui jouisse de cette double et importante propriété de favoriser la fusion du platine, et de le quitter plus ou moins complétement par l'action du calorique long-temps continuée, et par le battage qu'on emploie pour le forger.

26. On ne connaît point les combinaisons du platine avec le tungtène, le molybdène, le chrome, le titane, l'urane et le manganèse. On a eu trop peu de ces différens métaux purs et de platine même, et on a trop peu espéré de son alliage avec ces substances métalliques, pour qu'on ait encore examiné les attractions qui existent entre eux, ainsi que les produits de leur union. Il en est de même du cobalt et du nickel. Bergman, en comparant ensemble les propriétés de ces derniers métaux entre eux, a fait voir qu'ils se rapprochaient beaucoup l'un de l'autre et en même temps du fer; et il a douté si on ne pourrait pas les regarder tous, en particulier le platine, comme des modifications du fer, ou plutôt comme des états variés d'une seule et même substance métallique primitive, susceptible de prendre une foule de formes et de qualités différentes suivant les nombreuses circonstances dans lesquelles la nature la place et l'art la traite. Mais avec sa précision et sa pureté ordinaires de raisonnement, il a conclu de tous les faits qu'il a rassemblés sur ces divers métaux, que le platine qui n'a jamais été séparé en divers corps, et dont on n'a jamais imité la nature par aucun alliage, quel qu'il soit, était réellement un métal particulier.

27. Le bismuth s'allie très-bien avec le platine par la fusion; il en résulte un métal d'autant plus fusible et d'autant plus aigre, que la proportion du bismuth est plus abondante. Ce même alliage change facilement de couleur à l'air; il y

devient jaune, pourpre et noirâtre. Il ne peut pas être coupellé; et lorsque la proportion du bismuth diminue, le platine, reprenant son infusibilité et son caractère naturellement intraitable, se fige en masse boursouflée, poreuse et scoriforme, qui retient beaucoup de bismuth encore, et qui reste extrêmement aigre et cassante. Il faut observer cependant que ces phénomènes n'ont été vus encore et décrits qu'avec le platine impur et brut, et qu'on n'a point essayé de reconnaître cet alliage avec le platine purifié dont j'ai parlé plus haut.

28. On sait aussi que le platine brut se fond facilement avec l'antimoine, qu'il en résulte un métal à facettes, très-cassant, dont on peut séparer l'antimoine par l'action du feu, mais qui en retient assez opiniâtrément les dernières portions pour perdre beaucoup de sa pesanteur et de sa ductilité. Il en est, au reste, de cette combinaison comme de la précédente; on n'a point encore examiné l'alliage du platine pur avec l'antimoine, et on ne connaît pas les propriétés de cet alliage, qu'il faudra rechercher de nouveau. Il en est de même de l'action du sulfure d'antimoine que les alchimistes ont employé si souvent pour purifier l'or, et qui, par analogie, pourrait avoir la même action sur le platine brut ou impur: on n'a point encore essayé de la mettre à profit pour la purification du platine.

29. Presque tous les chimistes se sont accordés à dire jusqu'ici que le mercure ne peut pas s'unir au platine, et qu'on ne peut pas faire une amalgame avec ce métal; on était d'ailleurs fondé à adopter cette opinion d'après ce qu'on savait, qu'en Amérique l'on séparait l'or du platine par le mercure, et que l'on n'obtenait même le platine qu'après avoir trituré avec du mercure la mine qui contenait l'un et l'autre. Cependant, en recherchant avec soin les propriétés du platine brut, on y trouve assez souvent une portion de mercure. Scheffer et Lewis ont vainement essayé, même à l'aide de l'eau et de l'acide nitro-

muriatique, d'amagalmer le platine. Le citoyen Guyton ayant reconnu que l'adhérence d'une lame de platine au mercure était beaucoup plus forte que celle des métaux qui ne peuvent pas s'y unir, qu'elle se rapprochait assez de celle de quelques-uns des métaux qui s'y dissolvent assez facilement, qu'elle l'emportait même sur l'adhérence du zinc et de l'antimoine qu'on peut combiner avec ce métal, a tenté de faire cette combinaison, et y est, jusqu'à un certain point, parvenu par un procédé différent de ceux qu'on avait pratiqués jusqu'à lui. Une lame très-mince de platine pur, placée et contenue sous du mercure au fond d'un matras plongé dans un bain de sable assez chaud pour que le mercure fût entretenu bien bouillant et que le matras devînt bien rouge, sortit de ce liquide métallique, augmentée de poids, pénétrée de mercure et devenue très-cassante ; en un mot, dans un état bien prononcé d'amalgamation. A la vérité, ce genre de combinaison diffère sensiblement de celle des métaux vraiment dissolubles dans le mercure, puisque le platine ne perd pas sa forme solide et ne se dissout pas ; mais elle est au moins beaucoup plus sensible que celle du fer dont on avait déja rapproché le platine, sous le rapport de cette indissolubilité dans le mercure. Il est facile de voir qu'à raison de cette difficile dissolution, les alliages de quelques métaux bien dissolubles avec le platine pourraient être traités par le mercure, qui séparerait le premier sans toucher au platine pur.

30. Le zinc se combine aisément au platine et le rend très-fusible ; l'alliage qui en résulte est cassant, dur à la lime : il a une nuance de bleu lorsque le platine sur-tout est plus abondant que le zinc. En chauffant long-temps cet alliage, on en sépare le zinc qui se volatilise et brûle à la surface ; mais on a beaucoup de peine à extraire les dernières portions de zinc, comme celles du bismuth et de l'antimoine dans les alliages de ces deux derniers métaux.

31. Le platine s'allie très-aisément à l'étain. Cet alliage est

un des plus fusibles et un des plus faciles à liquéfier et à couler. Il est malheureusement très-aigre et cassant par le choc dans la proportion des deux métaux à parties égales. L'étain, à la dose de douze parties sur une de platine, forme un métal mixte bien ductile, d'un grain cependant rude et grossier, qui jaunit à l'air. On voit, d'après cela, que le platine paraît diminuer beaucoup la ductilité de l'étain ; cependant c'est un alliage analogue auquel on ajoutait du cuivre, qu'on a proposé pour la fabrication des miroirs de télescope. Lewis assure être parvenu à oxider du platine, et à le dissoudre dans l'acide muriatique au moyen de son alliage avec l'étain. En général, on sait que les métaux, dans leurs combinaisons réciproques, acquièrent souvent de la combustibilité.

32. Le platine se fond très-bien avec le plomb, cependant en exigeant un feu plus fort que l'alliage précédent. La ductilité du plomb est singulièrement altérée par son union avec le platine : l'alliage qui en résulte, à parties égales, tire sur le pourpre ; il est strié, grenu dans sa cassure, et fragile ; il s'altère aussi facilement à l'air. La coupellation du platine par le plomb a été regardée par tous les auteurs qui se sont occupés de ce métal important, comme une des plus intéressantes opérations qu'ils eussent à tenter, parce qu'il était permis d'espérer qu'elle servirait à le purifier comme l'or et l'argent : ils l'ont tentée un grand nombre de fois, et ont obtenu des succès rares à cause de l'infusibilité de ce métal. Lewis a en vain essayé un des premiers de coupeller le platine dans les fourneaux de coupelles ordinaires, malgré le grand feu qu'il y a donné. L'oxidation et la vitrification, ainsi que l'absorption du verre de plomb par la coupelle, n'ont lieu que dans le commencement et à raison de la surabondance du plomb ; mais bientôt le platine se fige, l'opération s'arrête, le métal reste uni à une portion de plomb, et n'a aucune ductilité. Macquer et Baumé disent cependant être parvenus à coupeller complétement une once de platine avec deux

onces de plomb, placés dans l'endroit le plus chaud du four qui cuit la porcelaine dure de Sèvres. Le feu de bois y dure cinquante heures de suite. Après ce temps, le platine qu'ils ont retiré était aplati sur la coupelle, bien fondu ; sa surface était sombre et ridée : ils l'ont détachée facilement ; sa surface inférieure était brillante, et il s'est laissé étendre très-bien sous le marteau. Ils se sont assurés que ce platine était très-pur et qu'il ne contenait plus de plomb. Deux morceaux de platine ainsi coupellés, rougis à blanc, frappés l'un sur l'autre d'un coup de marteau, se sont soudés solidement. Le citoyen Guyton a également réussi à coupeller un mélange d'un gros de platine et de deux gros de plomb en se servant du fourneau à vent de Macquer. L'opération faite en quatre reprises a duré douze heures. Ce chimiste a obtenu un bouton de platine, non adhérent, bien homogène, d'une couleur semblable à celle de l'étain, un peu raboteux à sa surface, pesant juste un gros, et non attirable à l'aimant. On voit par le résultat de ces deux expériences qu'elles fournissent un procédé propre à donner le platine pur fondu en globules, malléable et facile à réduire en plaques susceptibles d'être forgées, conséquemment d'être employées à la fabrication de beaucoup d'ustensiles. Mais il n'est pas moins évident que ces procédés dispendieux et difficiles ne pourront jamais être regardés comme appropriés aux arts, et ne serviront tout au plus que pour quelques opérations délicates des sciences.

33. Lewis a fondu de la fonte de fer avec du platine ; il en a obtenu un alliage si dur que la lime ne pouvait pas l'entamer ; il avait un peu de ductilité, mais il se cassait net lorsqu'il était rouge, en raison de la différence de fusibilité entre ses deux composans. Le même chimiste n'a jamais pu parvenir à allier le fer forgé avec le platine ; il espérait réunir par là la dureté de l'acier trempé avec la grande ductilité du platine. Cette impossibilité d'union entre le platine et le fer éloigne beaucoup l'idée que quelques chimistes se sont formée

du platine, qu'ils avaient cru être ou une espèce de fer, ou un alliage naturel de fer et d'or. Il n'y a pas d'exemple d'un métal allié qui ne s'unisse pas avec l'un de ceux qu'il contient déja dans son alliage. Il est vrai que l'infusibilité extrême des deux métaux à réunir dans cette combinaison est un grand obstacle à la formation de cet alliage. On l'obtient cependant fort aisément à l'aide d'un troisième métal, et particulièrement de l'étain, du plomb et du zinc.

34. Le platine se fond mieux avec le cuivre, auquel il donne de la dureté : quand la proportion du cuivre est trois ou quatre fois plus grande que celle du platine, l'alliage a de la ductilité; il peut prendre un très-beau poli qu'il ne perd pas même après dix ans d'exposition à l'air. C'est avec cette combinaison métallique, à laquelle ils avaient ajouté de l'arsenic pour la rendre plus fusible, que les citoyens Rochon et Carrochez ont fait des miroirs de télescope très-beaux, d'un poli parfait, d'un grain très-fin, et presque complétement inaltérables par le contact de l'air.

35. Le platine s'allie aisément à l'argent par la fusion, quoiqu'il coule assez difficilement avec ce métal. Le platine augmente beaucoup la dureté de l'argent, et ternit sa couleur. Quand on tient quelque temps cet alliage fondu, les deux métaux se séparent. Lewis a vu, dans cette fusion, l'argent lancé vers les parois du creuset avec une sorte d'explosion. Ce phénomène a été depuis observé dans l'argent seul, chauffé fortement, par le citoyen Darcet, ainsi que je l'ai dit déja dans l'histoire de ce dernier métal. Tillet, dans les expériences qu'il a faites sur l'alliage de ces deux métaux et sur leur séparation par une espèce de départ à l'aide de l'acide nitrique, a obtenu le platine séparé sous la forme cristalline de feuilles de fougère, et en partie attaqué par l'acide.

36. L'or se combine bien au platine, quoiqu'il ne se fonde avec lui qu'à un violent coup de feu; le platine altère beaucoup et affaiblit la couleur de l'or, à moins qu'il ne soit en très-petite quantité. On a observé que ce changement de couleur

n'a lieu qu'au-dessus d'un dix-septième, et qu'à cette proportion, ainsi qu'à celles qui sont au-dessous, la couleur de l'or n'est pas sensiblement altérée. Le platine ne modifie pas sensiblement la pesanteur spécifique de l'or, non plus que sa ductilité : c'est pour cela que la fraude en a abusé pour allier et sophistiquer de l'or avec du platine. Le gouvernement espagnol, en raison de cette facilité de la fraude, a empêché l'importation de ce dernier métal en Europe, et le fait jeter dans les rivières à mesure qu'on en extrait des mines d'or avec lesquelles il est disséminé. Mais j'ai déja dit, et je ferai voir bientôt plus en détail que la chimie fournit des moyens analytiques aussi sûrs que faciles de reconnaître l'alliage du platine, et d'en estimer très-promptement les proportions, par des expériences aussi exactes et qui peuvent devenir aussi familières que celles qui constituent l'art de l'essai.

37. Ceux des naturalistes ou des chimistes qui ont pensé avec l'illustre Buffon que le platine était un alliage naturel d'or et de fer, n'ont été conduits à cette opinion que d'après des analogies qui peuvent bien être regardées comme fort ingénieuses, mais qui ne sont fondées sur aucune expérience exacte. Jamais on n'a obtenu d'un alliage artificiel d'or et de fer, en quelque proportion qu'on l'ait fait, un métal analogue au platine, et jamais on n'a séparé d'or ni de fer du platine bien purifié. Dire que la nature emploie des moyens inconnus pour opérer cette espèce de combinaison métallique, et pour rendre cet alliage indécomposable ou impossible à détruire et à reconnaître par l'art, c'est admettre une supposition qu'aucun fait avéré dans toute l'analyse chimique ne rend vraisemblable; et l'on sent qu'avec de pareilles suppositions on ferait une suite de romans ou de fictions qui ne seraient jamais que la fable et non l'histoire de la nature.

G. *Action sur l'eau et les oxides.*

38. Ce que j'ai fait connaître jusqu'ici des propriétés du platine prouve que ce métal dense est trop faiblement attiré par l'oxigène, pour qu'il puisse être en aucune manière altérable par l'eau. Il y a cependant un cas où l'on pourrait croire qu'il agit sur ce principe de l'eau : c'est celui où il s'oxide en s'enflammant dans un gaz qui ne contient point d'autre oxigène que celui de l'eau qu'il recèle en vapeur ; mais cette eau n'est décomposée que par l'étincelle et la commotion électriques, et ce n'est qu'au moment où son oxigène isolé de l'hidrogène s'offre au platine très-échauffé et très-divisé par l'effet de l'électricité, comme je l'ai déja fait voir plus haut, de l'or et de l'argent : encore cette oxidation du platine est-elle moins facile que celle de ces deux métaux.

39. Par la même raison que ce métal n'a aucune action sur l'oxide hidrogéné de l'eau, il n'en a également aucun sur les oxides métalliques. Il n'y en a point auquel il enlève l'oxigène ; et ce sont au contraire la plupart des autres métaux qui lui enlèvent communément ce principe, et qui le débrûlent avec plus ou moins d'énergie, de promptitude et de facilite.

H. *Action sur les acides.*

40. Le platine est un des métaux qui agissent le moins sur les acides, et qui y sont le moins dissolubles. L'acide sulfurique le plus concentré, et aidé de la plus forte chaleur, ne l'attaque en aucune manière, et n'en éprouve aucune altération. Il en est de même de l'acide nitrique ; et si l'acide nitreux paraît susceptible de l'attaquer légèrement, comme il le fait sur l'or, c'est beaucoup moins sensiblement que dans ce dernier métal : aussi tous les chimistes ont-ils unanimement assuré que le platine n'était point dissoluble dans l'acide du nitre. L'acide

muriatique le plus fort n'agit pas non plus sur le platine, même à l'aide d'une longue ébullition ; on se sert de cette entière inaction sur le platine, et de la forte action de cet acide sur le fer, pour séparer ce dernier métal du premier, et pour purifier celui-ci. La distillation, moyen si puissant pour oxider et dissoudre la plupart des autres métaux, ne favorise pas davantage l'altération du platine par les acides ; et l'on peut dire que de toutes les substances métalliques celle-ci est la seule qui n'éprouve aucun changement par presque tous les acides : aussi les acides phosphorique, fluorique, boracique, carbonique, et les quatre acides métalliques, beaucoup plus faibles que les trois premiers, n'exercent-ils absolument aucune influence sur le platine pur et dans son état de métal : il n'y a, comme on va le voir, que les acides surchargés d'oxigène, et qui tiennent peu à ce principe en excès, qui puissent le dissoudre.

41. Trois acides seulement, ou l'acide muriatique dans la triple circonstance de sa suroxigénation, oxident et dissolvent le platine ; l'acide muriatique oxigéné liquide agit promptement sur ce métal, et à une chaleur de 15 à 20 degrés de la graduation thermométrique de Réaumur. L'oxidation et la dissolution du platine ont lieu sans effervescence sensible, parce qu'il enlève tacitement en quelque sorte l'oxigène peu adhérent à l'acide muriatique, sans être obligé de le séparer d'aucune base susceptible de prendre la forme gazeuse ; circonstance qui, comme je l'ai déja exposé un grand nombre de fois dans les articles précédens, est la seule cause de l'effervescence dont tant d'autres dissolutions sont accompagnées : à mesure que le platine est aussi tranquillement oxidé, il est dissous de même par l'acide muriatique qui se trouve désoxigéné, mais qui a autant d'attraction pour l'oxide de ce métal qu'il en a peu pour le métal lui-même. La dissolution qui s'opère dans ce cas n'est que très-faible et très-peu chargée, à cause de la très-petite quantité d'acide muriatique qui reste dans l'eau, d'après la portion bien

peu abondante d'acide muriatique oxigéné que ce liquide contenait d'abord : aussi cette dissolution de muriate de platine, qui, saturée, serait d'un rouge brun, n'est-elle que d'un jaune foncé ou légèrement orangé. Elle ressemble cependant aux deux suivantes par toutes les propriétés qu'elle présente, elles y sont seulement faibles et peu prononcées, à cause du peu d'oxide de platine qui y est contenu.

42. L'acide muriatique chargé de gaz nitreux, et encore mieux l'acide muriatique mêlé d'acide nitreux, comme il l'est dans l'état où on le nommait autrefois *eau régale*, agit bien plus fortement et bien plus rapidement sur le platine que l'acide muriatique oxigéné. Ici, comme dans la dissolution de l'or par le même réactif, c'est l'oxide nitreux qui, aidé par la forte attraction de l'acide muriatique pour l'oxide de platine, se décompose, cède son oxigène au métal, et le rend dissoluble dans cet acide. On a observé que l'acide nitro-muriatique qui convient et qui réussit le mieux pour cette dissolution, est celui qui résulte du mélange et de la réaction de parties égales d'acide nitrique et d'acide muriatique. Cette action est cependant beaucoup moins facile et moins marquée que celle que le même acide mixte exerce sur l'or ; ce qui dépend et de l'extrême densité du platine, près d'un quart plus grande que celle de l'or, et de son attraction beaucoup plus faible pour l'oxigène. Aussi pour faire réussir cette dissolution, est-on obligé d'avoir recours à un procédé qui n'est pas nécessaire pour opérer celle de l'or. On met dans une cornue de verre une partie de platine pur en limaille fine, ou de grains de platine bien séparés du sable du fer et de l'or, du premier de ces corps par le lavage, du second par l'acide muriatique, et du troisième par un triage exact et grain à grain ; on y verse seize parties d'acide nitro-muriatique, fait à parties égales ; on met la cornue sur un bain de sable, et on y adapte un récipient ; on fait bouillir l'acide comme si on voulait en opérer la distillation : il se dégage d'abord un peu de gaz nitreux, ensuite de

véritable gaz azote produit, comme l'on voit, par la décomposition entière de l'oxide ou gaz nitreux ; ce dernier gaz ne se sépare que très-peu abondant et très-lentement, parce que le platine n'absorbe que peu d'oxigène, et n'en exige pas vraisemblablement plus de 5 à 7 sur 100 pour se dissoudre dans l'acide muriatique. Le dissolvant prend une couleur jaune qui passe à l'orangé, puis au rouge foncé et au brun obscur.

43. Cette dissolution muriatique de platine, l'une des dissolutions métalliques les plus colorées que l'on connaisse, est d'une grande âcreté ou d'une véritable causticité. Elle corrode et brûle les matières animales ; la coloration qu'elle produit sur la peau devient d'un brun noirâtre, et ne passe jamais par la belle nuance pourpre, qui caractérise la dissolution d'or par le même acide. On a remarqué que le platine bien pur est séparé de tout le fer qu'il contient dans son état habituel, qu'il ne prend jamais qu'un jaune orangé foncé ; et l'on attribue, d'après cela, le brun foncé de la dissolution ordinaire au fer qu'elle contient. Il est vrai que la plupart de celles dont les chimistes ont parlé ont été faites avec le platine brut et très-ferrugineux : au reste, en étendant d'eau la dissolution brune foncée, elle passe d'abord à la couleur orangée, ensuite à une couleur jaune vive qui se rapproche de celle de la dissolution d'or. Souvent, quand cette dissolution est très-épaisse, elle laisse déposer par le refroidissement de petits cristaux informes, presque pulvérulens, d'une couleur fauve : ces cristaux sont du véritable muriate de platine. Macquer dit qu'en faisant évaporer doucement, et en laissant ensuite refroidir cette dissolution de platine, on en obtient des cristaux beaucoup plus gros et bien mieux prononcés que ceux qu'elle donne spontanément après sa saturation. Lewis ayant laissé évaporer spontanément à l'air la même dissolution, en a retiré des cristaux rouges foncés, assez grands, irréguliers, et imitant l'acide benzoïque sublimé, seulement un peu plus épais. Bergman avance qu'elle fournit par l'évaporation des cristaux d'un rouge brun, souvent opaques, quelquefois transparens, très-petits,

irréguliers, en grains anguleux, dont il lui a été impossible de déterminer la vraie figure. Lavés et séchés, ces cristaux sont moins dissolubles par l'ébullition que le sulfate de chaux même; leur dissolution est jaune; elle dépose de petits flocons pâles que Bergman croit être de l'oxide de fer. Ainsi on trouve beaucoup de discordance entre les auteurs sur le muriate de platine; ce qui prouve qu'ils ont opéré sur ce métal impur, et qu'ils ne l'ont pas traité tous de la même manière, et par les mêmes procédés de dissolution.

44. Le muriate de platine est d'une saveur âpre et astringente. Sans être caustique comme celui de l'or, il est décomposable par le feu, laisse exhaler son acide, et donne un oxide gris. L'acide sulfurique concentré y produit un précipité. La potasse fait naître d'abord dans la dissolution de petits cristaux rouges, souvent octaèdres, qui sont un sel triple; un excès de cet alcali y forme un précipité d'oxide jaune : le sulfate de potasse produit le même sel triple. Quoique Margraff ait assuré que la soude ne précipitait pas le muriate de platine, Bergman a obtenu cette précipitation en employant une plus grande proportion de cet alcali. L'oxide ainsi déposé est jaune et comme spongieux; il ne se forme point ici de sel triple cristallisé comme par la potasse. L'ammoniaque produit aussi des cristaux d'un sel triple rouge ou jaune, octaëdre, de muriate de platine ammoniaqué. La potasse décompose ces cristaux et en sépare un oxide coloré; la soude n'en sépare pas le même oxide et prend seulement la place de l'ammoniaque, en formant du muriate triple de potasse et de platine. Les sels ammoniacaux, et sur-tout le muriate d'ammoniaque, précipitent de la même manière le muriate de platine en sel triple jaune, grenu, peu dissoluble. On obtient le même sel en versant une dissolution de muriate d'ammoniaque dans les sels de platine formés par l'oxide de ce métal, obtenu à l'aide de la soude et dissous dans les acides sulfurique ou nitrique. Ainsi c'est une propriété générale aux sels de platine, suivant les expé-

riences de Bergman, de former, avec la potasse et l'ammoniaque, ou avec les sels de ces bases, des sels triples peu dissolubles, cristallisables, que l'action du feu et la digestion lente avec la soude décomposent. La chaux agit sur la dissolution muriatique de platine absolument comme la soude; elle en précipite un oxide, et ne fait pas de sel triple : à cette occasion, Bergman rapproche, par une ingénieuse comparaison, la soude et la chaux, la potasse et l'ammoniaque; en rappelant que ces deux dernières, comme leurs sels neutres, font cristalliser l'alun, tandis que la soude et la chaux, ainsi que leurs sels, ne produisent pas le même effet. C'est encore dans le même endroit de sa dissolution sur le platine qu'il fait remarquer que les mines d'alun contiennent naturellement la potasse, ou qu'il s'en forme pendant la calcination, ce qui n'exige point alors qu'on en ajoute dans la fabrication de ce sel. Ainsi, par cette vue générale, à laquelle l'examen de la dissolution de platine l'a conduit, il a comme devancé par l'œil du génie la découverte de M. Klaproth et du citoyen Vauquelin sur la présence de la potasse dans les pierres.

45. Les précipités ou sels triples obtenus par la potasse, l'ammoniaque et leurs sels versés dans la dissolution muriatique de platine, ont l'importante propriété de se réduire sans addition à un grand feu excité par le soufflet, en globules métalliques, comme l'a découvert le premier Delisle, sur le précipité fait par le muriate d'ammoniaque, et comme Sickingen l'a confirmé depuis en faisant cette expérience beaucoup plus en grand. Bergman qui a généralisé cette propriété en la retrouvant dans les précipités faits par l'ammoniaque pure, par la potasse et les sels de potasse, observe qu'ils se fondent bien au chalumeau à l'aide du phosphate triple d'urine qui en retient la poussière; il a obtenu ainsi un grain brillant très-petit, dont il a fait, en le frappant sur l'enclume, une lame d'environ une ligne de diamètre. Sept ou huit petites lames pareilles ont été bien réunies par le même procédé, mais en

un seul globule que Bergman compare à la grosseur de la tête d'une épingle ordinaire ; elles conservaient leur ductilité ; il n'a pas pu parvenir à donner une fusion assez parfaite à de plus gros volumes pour qu'ils n'éclatassent pas sous le marteau. Le muriate de platine cristallisé et les précipités non salins de ce métal ne lui ont pas présenté le même caractère de réductibilité, d'où il a conclu que l'ammoniaque et la potasse influaient d'une manière particulière sur la fusibilité de ces oxides. On voit aujourd'hui l'accord remarquable qui existe entre ce fait observé et décrit par Bergman en 1777, et l'art de fondre ou de travailler en grand le platine, donné par le citoyen Jeannety en 1790. Le procédé de Sickingen consiste à purifier d'abord le platine par l'amalgamation, à le dissoudre dans l'acide nitro-muriatique, à en séparer le fer par le prussiate de potasse qui précipite ce métal en retenant le platine en dissolution, à précipiter celui-ci par le muriate d'ammoniaque, à exposer ensuite ce précipité à un grand feu, et à joindre l'art de forger à celui de le fondre ; procédé par lequel il est parvenu à tirer du platine brut $\frac{5}{8}$ d'un platine pur, forgeable à chaud, assez ductile pour être laminé et tiré à la filière. Ce procédé, quelque exact et précieux qu'il soit pour les chimistes, à cause de la pureté du métal qu'il donne, est manifestement trop dispendieux pour qu'il puisse être adopté en grand ; et cependant on verra plus bas qu'il est encore préférable pour la fabrication de quelques vaisseaux de chimie, à celui qui est pratiqué avec la potasse et l'acide arsenieux, puisque celui-ci ne remplit pas constamment toutes les conditions qui sont nécessaires pour la fabrication de ces vaisseaux.

46. Bergman, après avoir décrit avec beaucoup de soin le procédé par lequel il avait obtenu de très-petits globules de platine par la fusion du précipité ammoniacal avec le phosphate triple, observe que ce métal, privé par cette opération de tout le fer qu'il contient, lui a présenté des propriétés

très-différentes de celles du platine brut. En effet ces globules avaient une couleur d'argent très-brillante. L'aimant le plus fort ne les attirait pas, et ils n'avaient aucune propriété magnétique. Aucun acide, si ce n'est l'acide muriatique oxigéné, ne les attaquait. L'acide nitro-muriatique, composé à parties égales, les a dissous, en prenant d'abord une couleur jaune qui passait au rouge ; cette dissolution a donné par évaporation des cristaux grenus sans forme déterminable ; elle a présenté les phénomènes de précipitation et de sels triples indiqués ci-dessus. Le prussiate de potasse ne la précipitait pas, il n'a fait que foncer sa couleur, parce qu'il a formé un sel triple. Ce dernier fait prouve que le platine ne contenait pas de fer, puisqu'en ajoutant du sulfate de fer à cette dissolution, dans la proportion de $\frac{1}{1000}$ de la quantité de platine qu'elle contenait, il se formait un précipité bleu, quoique le fer n'y fût alors qu'à la dose de $\frac{23}{100000}$.

47. L'oxide de platine, précipité de sa dissolution par la chaux et la soude, se réduit en platine à un grand feu, à l'aide de quelques fondans, et sur-tout du borax, du tartre, d'un verre fusible. Macquer est parvenu à le fondre ainsi en trente-cinq minutes, à un feu de forge, agité par deux forts soufflets, en un culot qui n'était point ductile, et qui était creux dans l'intérieur : son tissu était grenu et d'une cassure grossière ; sa dureté était semblable à celle du fer forgé ; il rayait l'or, le cuivre et même le fer. Un précipité formé par la potasse, et qui était un sel triple, exposé au foyer du verre ardent, a répandu une fumée épaisse d'acide muriatique, et s'est fondu en un bouton lisse, brillant, vitrifié et cassant. Le véritable précipité par les alcalis est dissoluble dans les acides simples, mais bien plus aisément dans le nitro-muriatique.

48. Suivant les premiers essais de Margraff et de Lewis, la dissolution nitro-muriatique de platine est précipitée par les métaux, et sur-tout par l'étain, en un oxide rougeâtre. Le même effet a lieu avec les dissolutions de la plupart de ces métaux. Il résulte de leurs expériences comparées que les dissolutions de

bismuth et de plomb par l'acide nitrique, de fer et de cuivre par différens acides, et d'or par l'acide nitro-muriatique, ne produisent aucun précipité dans la dissolution de platine : et que celles d'arseniate de potasse, de nitrate de zinc et d'argent le précipitent, la première en une substance cristallisée d'une belle couleur d'or ; la seconde, en une matière rouge orangée, et la troisième en une poudre jaune : il est évident que ces précipitations, comme celle de la dissolution d'or par le muriate d'étain, sont dues à ce que les oxides dissous s'emparent de l'oxigène du platine, se précipitent trop oxidés, tandis que celui de platine, privé d'oxigène, abandonne l'acide muriatique.

I. *Action sur les bases et les sels.*

49. Il n'y a aucune action entre les terres, les alcalis et le platine. Ses oxides ne se combinent que très-difficilement avec les premiers par la vitrification. On a cependant essayé de les employer dans les manufactures de porcelaine, et on est parvenu à en obtenir des espèces de gris olivâtres ou de bistres, mais sales et livides. Lewis et Le citoyen Baumé n'ont obtenu dans leurs essais de ce genre que des grenailles réduites, et des ramifications ou espèces de dentelles métalliques.

50. Le platine n'éprouve aucune altération de la part du plus grand nombre des sels ; les sulfates fondus avec le platine en grains s'en séparent à la surface, et se colorent en rougeâtre à l'aide du fer qu'ils dissolvent. Mais le nitrate de potasse et le muriate suroxigéné de la même base l'altèrent et l'oxident manifestement à l'aide de la fusion. Lewis a le premier observé et décrit ce genre d'altération. En chauffant pendant trois jours et trois nuits de suite un mélange d'une partie de platine et de deux de nitre, projeté d'abord dans un creuset rouge, et qui n'avait pas présenté de détonation, le métal a acquis une couleur rouge. L'eau bouillante a dissous de ce résidu l'alcali qui a entraîné avec lui une poudre brunâtre ;

et le platine, séparé par ce lavage, s'est trouvé diminué de plus d'un tiers de son poids. La poudre, entraînée avec l'eau, et reçue sur un filtre, paraissait être un mélange d'oxide de fer et d'oxide de platine. Lewis est parvenu à lui donner une couleur grise blanchâtre, en le distillant plusieurs fois de suite avec le muriate d'ammoniaque, qui en a séparé l'oxide de fer. Margraff, en répétant l'expérience de Lewis, et en observant les mêmes phénomènes, y a ajouté deux circonstances remarquables; savoir, que l'oxide de platine uni en partie à l'alcali du nitre, et délayé dans une certaine quantité d'eau, a fourni une gelée, et que cet oxide, séparé par l'addition d'une grande quantité d'eau, a pris, par l'action de la chaleur, une couleur noire comme de la poix. Ces faits indiquent une altération du platine par le nitre, extrêmement différente de la parfaite inaction de ce sel sur l'or, et même sur l'argent. Il serait bien important de reprendre et de pousser cette expérience beaucoup plus loin encore, pour savoir si toute une quantité donnée de platine pur est susceptible de s'oxider complétement, et dans quel état est cet oxide, sur-tout par rapport à la proportion de l'oxigène : il faut remarquer que cette expérience n'a été encore constatée que sur le platine brut et en grains.

51. Le muriate suroxigéné de potasse n'agit que très-faiblement sur le platine; cependant le citoyen Guyton est parvenu à obtenir une légère oxidation de ce métal par le procédé suivant. Ayant fait rougir dans un creuset placé sous une mouffle deux petites lames minces de platine, pesant ensemble deux grammes forts, et y ayant projeté à diverses reprises huit grammes de muriate suroxigéné de potasse, il n'y a point eu de détonation ni de fusion : le sel s'est sublimé en entier; les lames se sont trouvées d'un poli un peu plus mat; elles avaient augmenté de poids de quelques milligrammes; celle qui était plus mince et présentait plus de surface avait plus acquis que l'autre: en les faisant bouillir dans

un acide faible, le vinaigre distillé, elles ont perdu, l'une, une partie seulement de ce qu'elle avait acquis, et l'autre un peu au-delà; du prussiate de chaux versé dans cet acide l'a troublé sur-le-champ, et y a formé un précipité blanc verdâtre; on a eu de la peine à l'obtenir clair par trois filtrations successives, et la liqueur a pris une nuance verte claire, et a laissé un résidu de la même couleur. Le citoyen Guyton conclut de cette expérience que le platine chauffé au rouge est oxidé à sa surface par le muriate suroxigéné de potasse, quoique ce sel ne forme qu'un bain momentané fluide sur ce métal, et s'évapore promptement.

K. *Usages.*

52. Il est facile de prévoir que le métal le plus indestructible, le plus dense, le plus infusible qui soit connu, est une des matières qui rendront quelque jour le plus de services à la société. Le gouvernement espagnol qui jouit du privilège exclusif de la présence du platine dans ses possessions, ne peut pas tarder de rendre ce beau métal au commerce, aux arts, et sur-tout aux sciences qui le réclament, aujourd'hui que des expériences de chimie très-exactes apprennent que de l'or altéré par le platine serait bientôt reconnu et même essayé avec précision par l'addition du muriate d'ammoniaque à sa dissolution qui serait troublée, et que du platine même allié d'or, supposé que le mérite reconnu du premier lui conciliât une plus grande estime, en mêlant à sa dissolution du sulfate de fer qui précipiterait l'or sans toucher au platine. Le poids de chacun de ces précipités indiquerait la quantité respective de chacun.

53. On a déja fait quelques bijoux, quelques ustensiles de table avec le platine; mais s'ils ont l'avantage d'être inaltérables et infusibles, ils ont le défaut réel de n'être pas d'une belle couleur, et d'être en même temps très-lourds. Le platine ne

pourrait donc être employé que pour de petits et minces instrumens susceptibles d'être exposés à beaucoup de corps mordans et à l'air sans s'altérer ; mais cet usage est très-borné.

54. C'est sans contredit à la fabrication des vaisseaux de chimie que son usage serait le plus immédiatement utile : des creusets, des évaporatoires, de petites cornues, de petits alambics de platine pur, seraient d'un très-grand avantage pour les travaux chimiques ; mais il faudra, pour en retirer tout le profit qu'ils font espérer qu'ils soient fabriqués avec du platine fondu, et purifié avec le phosphore, ou extrait de sa dissolution muriatique, précipitée par le muriate d'ammoniaque. Je dois en effet observer que le platine fondu, purifié en grand avec l'arsenic, et forgé, n'a point le degré de pureté nécessaire aux opérations de chimie, et que tous les creusets que j'en ai vus fabriqués se sont constamment troués et percés par les fusions avec des fondans salins qu'on y a faites.

55. Le plus grand, le plus important et le plus solennel usage qu'on ait encore fait du platine, a été, depuis quelques années, la suite des travaux entrepris pour la fixation des nouveaux poids et mesures de la République française. Les commissaires de l'académie des sciences l'ont employé en règles, destinées à la mesure des bases de triangles, à cause de son peu de dilatation et de changement par le calorique, de la régularité même de cette dilatation. On en a construit la tige et la lentille du pendule, destiné à mesurer les oscillations à une hauteur et à une latitude données. Il doit servir à former les étalons des poids et des mesures qui seront le type perpétuel et immuable de tous les instrumens de mensuration. On fabriquera les petits poids avec des fils ou des feuilles de ce métal inaltérable. Il sera très-commode et très-utile pour la construction des thermomètres métalliques.

56. On en a fabriqué, en l'alliant au cuivre et à l'arsenic, dans diverses proportions, des miroirs de télescope qui n'éprouveront jamais aucune altération dans leur poli, et qui, au

bruni vif et parfaitement égal de leur surface, joindront une entière inaltérabilité par tous les agens possibles.

57. Le platine promet encore les plus grands et les plus importans avantages dans la mécanique, et spécialement dans l'art délicat de l'horlogerie. La construction d'un grand nombre de machines gagnera à l'acquisition de ce métal, qu'on pourra substituer, dans une foule de cas, au cuivre, au fer et même à l'argent.

Il est sur-tout un art d'une grande importance, déja créé en France, et qui n'attend, pour éclore, qu'une abondance de ce métal, encore objet de fraude et de contrebande dans le commerce. C'est celui de ses feuilles ou de ses lames appliquées au fer et au cuivre, d'une espèce de plaqué bien supérieur au plaqué de l'argent par sa durabilité et son inaltérabilité. Il est impossible de limiter les immenses usages auxquels un pareil plaqué pourra être approprié. Les vases de cuisine, ceux de pharmacie, ceux même de quelques ateliers en tireront les plus grands et les plus fréquens avantages.

58. Enfin sa pesanteur, la difficulté de l'allier sans l'altérer, sa ductilité, jointes à une ténacité assez forte, et qu'on pourrait augmenter encore par des alliages, pourront aussi quelque jour faire employer le platine à la fabrication des monnaies ou des médailles.

Fin du sixième volume.

TABLE DES MATIERES

DU SIXIÈME VOLUME.

SUITE DE LA SIXIÈME SECTION.

Des métaux.

ART. XVI. *De l'étain.* Page 3
A. *Histoire.* ibid.
B. *Propriétés physiques.* 6
C. *Histoire naturelle.* 8
D. *Essai et métallurgie.* 11
E. *Oxidabilité par l'air.* 16
F. *Union avec les combustibles.* 19
G. *Action sur l'eau et les oxides.* 26
H. — *sur les acides.* 28
I. *Action sur les bases et sur les sels.* 42
K. *Usages.* 47
ART. XVII. *Du plomb.* 50
A. *Histoire..* ibid.
B. *Propriétés physiques.* 53
C. *Histoire naturelle.* 54
D. *Essai et métallurgie.* 62
E. *Oxidabilité par l'air et par le feu.* 68
F. *Union avec les combustibles.* 73
G. *Action sur l'eau et sur les oxides.* 84
H. — *des acides.* 85
I. — *sur les bases et les sels.* 95
K. *Usages.* 101
ART. XVIII. *Du fer.* 104
A. *Histoire.* ibid.

B. *Propriétés physiques.* 112
C. *Histoire naturelle.* 121
D. *Essai et métallurgie.* 142
E. *Oxidabilité du fer par l'air.* 157
F. *Union avec les corps combustibles.* 163
G. *Action sur l'eau et les oxides.* 181
A. — *sur les acides.* 186
I. — *sur les bases et sur les sels.* 217
K. *Usages.* 223
Art. XIX. *Du cuivre.* 228
A. *Histoire.* ibid.
B. *Propriétés physiques* 230
C. *Histoire naturelle.* 232
D. *Essai et métallurgie.* 240
E. *Oxidabilité par l'air.* 246
F. *Union avec les corps combustibles.* 251
G. *Action sur l'eau et sur les oxides.* 266
H. — *sur les acides.* 268
I. — *sur les bases salifiables et les sels.* 286
K. *Usages.* 291
Art. XX. *De l'argent.* 293
A. *Histoire.* ibid.
B. *Propriétés physiques.* 296
C. *Histoire naturelle.* 298
D. *Essai et métallurgie.* 304
E. *Oxidabilité par l'air.* 310
F. *Union avec les corps combustibles.* 313
G. *Action de l'eau et des oxides.* 321
H. — *des acides.* 322
I. — *sur les bases et sur les sels.* 342
K. *Usages.* 343
Art. XXI. *De l'or.* 346
A. *Histoire.* ibid.
B. *Propriétés physiques.* 350

C. *Histoire naturelle.* 354
D. *Essai et métallurgie.* 357
F. *Union avec les corps combustibles.* 363
G. *Action sur l'eau et les oxides.* 376
H. — *sur les acides.* 378
I. — *sur les bases et les sels.* 395
K. *Usages.* 396
ART. XXII. *Du platine.* 402
A. *Histoire.* ibid.
B. *Propriétés physiques.* 404
C. *Histoire naturelle.* 407
D. *Essai et métallurgie.* 408
Procédé du citoyen Jeannety pour obtenir le platine en barre et malléable. 410
E. *Oxidabilité par l'air.* 413
F. *Union avec les corps combustibles.* 415
G. *Action sur l'eau et les oxides.* 425
H. — *sur les acides.* ibid.
I. — *sur les bases et les sels.* 433
K. *Usages.* 435

Fin de la table du sixième volume.

ERRATA.

Pages 4 et 50, lignes 7 et 29. rougeante, *lisez* rongeante.
20 ——— 15. où il l'a mis, *lisez* qu'il a indiquée.
32 ——— 20. stannate, *lisez* stannite.
58 ——— 19. l'arsenic, *lisez* l'arsenite, = *et* arsenite, *lisez* arsenié.
65 ——— 15. professeurs, *lisez* possesseurs.
78 ——— 29. il était, etc. *lisez* il était fragile, et d'une couleur obscure et terne.
117 ——— 24. élevé, *lisez* écarté.
129 ——— 3. altérable, *lisez* attirable.
132 ——— 23. l'état métallique, *lisez* l'éclat métallique.
136 ——— 4. l'alumine, *lisez* l'ancienne.
139 ——— 20. bleu, *lisez* brun.
141 ——— 27. pyrocite, *lisez* pyrocète.
146 ——— 9. *après* manganèse, *ajoutez* qu'il cherchait.
162 ——— 20. *après* on remplit, *ajoutez* de gaz oxigène.
190 ——— 3. combinaison, *lisez* combustion.
219 ——— 13. fer, *lisez* feu.
256 ——— 24. *après* plus lourd, *ajoutez* que ses composans.
294 ——— 24. chimistes, *lisez* alchimistes.
335 ——— 14. sur l'oxide de fer, lui enlève, *lisez* la soude, en dégage l'acide muriatique, qui enlève à l'oxide de fer.
351 ——— 34. Haller, *lisez* Halley.
359 ——— 31. *ajoutez :* E. *Oxidabilité par l'air.*
404 ——— 1. Chabaneau, *lisez* Chabanon, par-tout où il y a Chabaneau.
417 ——— 21. très-fondée, *lisez* très-fondante.
ibid ——— 23. peu, *lisez* pur.
429 ——— 24. La potasse, *lisez* La soude.
ibid ——— 25. la soude, *lisez* la potasse.
430 ——— 12. dissolution, *lisez* dissertation.